



ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ - ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ



ΕΡΓΟ: Ανάπτυξη μέτρων προστασίας και αειφορικής διαχείρισης της λίμνης

ΔΡΑΣΗ 2: Παρακολούθηση ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων

Παραδοτέο: Έκθεση των αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2009

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε από το Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας-Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (EKBY) στο πλαίσιο του έργου “Ανάπτυξη μέτρων για την προστασία και την αειφορική διαχείριση της λίμνης Δοϊράνης”. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από την Υπηρεσία Διεθνούς Αναπτυξιακής Συνεργασίας (ΥΔΑΣ)- Hellenic Aid.

The present study has been prepared by the Goulandris Natural History Museum-Greek Biotope/Wetland Centre in the framework of the project "Implementation of measures for protection and sustainable development of Dojran Lake". The project was funded by the International Development Cooperation Department (YDAS)/Hellenic Aid.

Η πλήρης αναφορά στο κείμενο αυτό είναι:

Σωτηρία Κατσαβούνη, Δ. Μπόμπορη & Ι. Σαλβαρίνα, 2009. Τελική έκθεση αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών του έργου "Ανάπτυξη μέτρων για την προστασία και την αειφορική διαχείριση της λίμνης Δοϊράνης. Ι. Μετεωρολογικά στοιχεία, διακύμανση στάθμης λίμνης. ΙΙ. Βενθικά ασπόνδυλα μαλακού υποστρώματος". Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (EKBY). Θέρμη, 62 σελ.

This document may be cited as follows:

Katsavouni, S., D. Bobori & I. Salvarina, 2009. Final report of samplings of the project "Implementation of measures for protection and sustainable development of Dojran Lake. I. Meteorological data, lake water level variation. II. Soft bottom invertebrates". The Goulandris Natural History Museum - Greek Biotope/Wetland Centre. Thermi, Greece. 62 p.

I. Εισαγωγή

Κατά τα τελευταία 20 έτη η στάθμη της λίμνης Δοϊράνης έχει μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα από το τέλος της δεκαετίας του 1980, η ελεύθερη επιφάνεια της λίμνης μειώθηκε από ~42 km² σε ~31 km² (Poronska et al. 2008). Η μείωση αυτή σε συνδυασμό με την χημική επιβάρυνση της ποιότητας του νερού έχει προκαλέσει ορατές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία της λίμνης. Ο βαθμός στον οποίο η παρούσα κατάσταση της λίμνης οφείλεται στην επίδραση των μεταβολών της υδρολογίας και του κλίματος και ο βαθμός στον οποίο στην επίδραση ενδεχομένως άλλων, όχι πλήρως προσδιορισμένων παραγόντων, θα πρέπει να αποτελέσουν το στόχο της κοινής διαχείρισης Ελλάδας – ΠΓΔΜ των υδατικών πόρων της λεκάνης της λίμνης. Η ολοκληρωμένη μελέτη της λίμνης απαιτεί την καταγραφή και στη συνέχεια ανάλυση των δεδομένων μετεωρολογίας και υδρολογίας της λεκάνης καθώς και της υφιστάμενης διαχείρισης υδατικών πόρων της. Για τον λόγο αυτό ως βασικός σκοπός του προγράμματος είχε ορισθεί η εγκατάσταση και λειτουργία σύγχρονου συστήματος καταγραφής μετεωρολογικών παραγόντων καθώς και της μεταβολής στάθμης της λίμνης.

II. Εγκατάσταση οργάνων - Συλλογή δεδομένων

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης υπάρχουν 4 μετεωρολογικοί σταθμοί (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Μετεωρολογικοί σταθμοί στο ελληνικό τμήμα της λεκάνη απορροής λίμνης Δοϊράνης

Σταθμός	Υψόμετρο	Υπεύθυνος	Όργανο
Δοϊράνη (πρώην Δημαρχείο)	146	ΔΕΚΕ	Θερμ. – βροχ.
Ανω Θεοδωράκη	480	ΥΠΓΕ	Θερμ. - βροχ.
Εύζωνοι	90	ΥΠΓΕ	Βροχόμετρο
Μεγάλη Στέρνα	125	ΥΠΓΕ	Βροχόμετρο

Στο πλαίσιο του εν λόγω προγράμματος εγκαταστάθηκε στη λεκάνη απορροής της λίμνης πέμπτος μετεωρολογικός σταθμός τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στον Πίνακα 2. Ο νέος σταθμός είναι σύγχρονης τεχνολογίας και καταγράφει όλες τις απαραίτητες παραμέτρους για την ολοκληρωμένη παρακολούθηση των μετεωρολογικών φαινομένων στην περιοχή της λίμνης. Στον ίδιο πίνακα περιγράφεται επίσης ο σταθμηγράφος που εγκαταστάθηκε και λειτουργεί στη λίμνη.

Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του αυτόματου τηλεμετρικού μετεωρολογικού σταθμού και του ψηφιακού σταθμηγράφου.

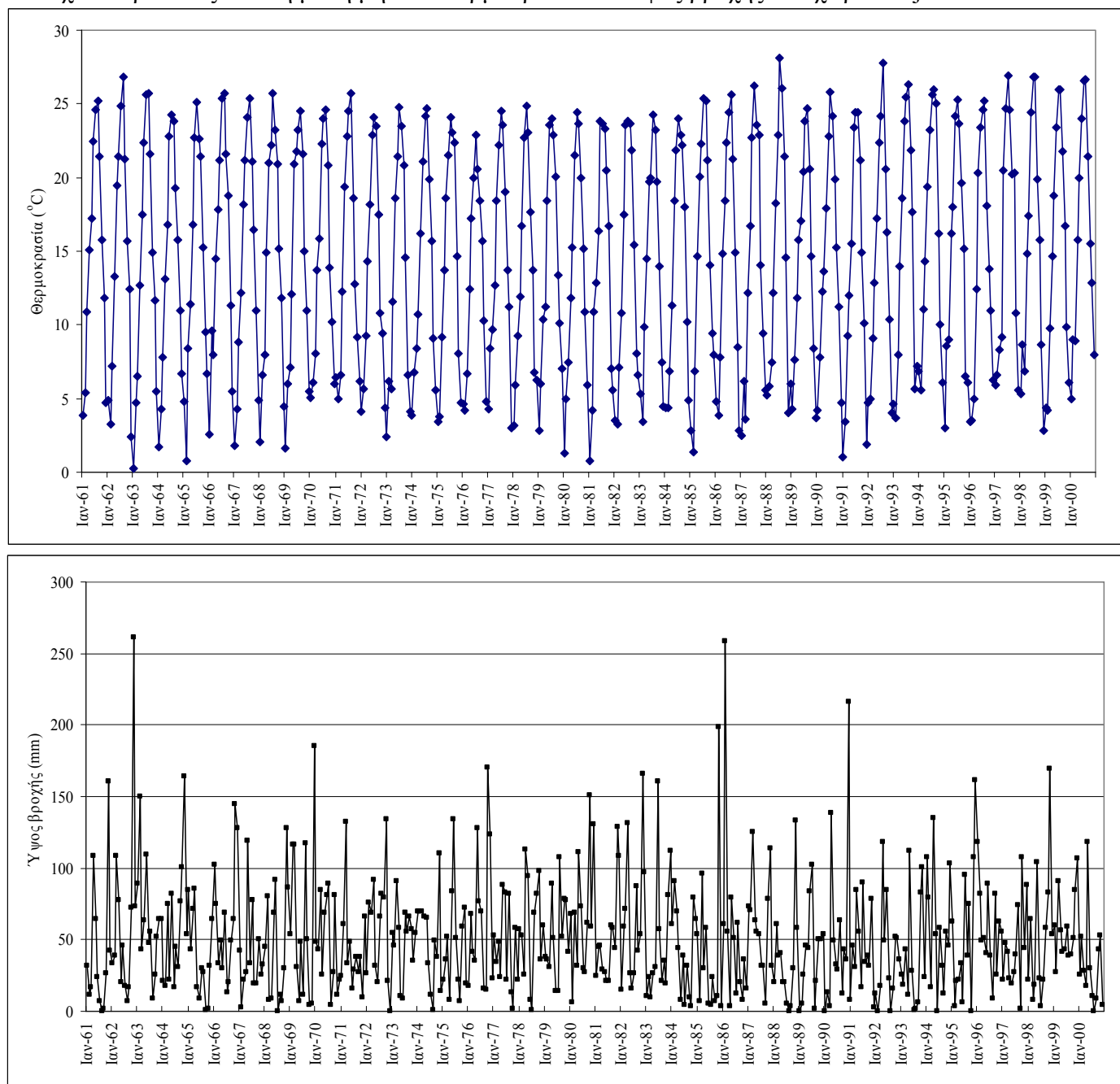
Στοιχεία μετεωρολογικού σταθμού	Κατασκευαστής
A733 Τηλεμετρικός Data Logger	ADCON Αυστρίας
HD9008TR Αισθητήρας Σχετικής Υγρασίας	DELTAOHM Ιταλίας
HD9007-A1 θερμοκρασίας Αέρα	DELTAOHM Ιταλίας
ARG100 Αισθητήρας Βροχόπτωσης	ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS Αγγλίας
RGB1 Αισθητήρας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας	SKYE Αγγλίας
WL300 Αισθητήρας στάθμης	GLOBAL WATER Αμερικής
HD9408TR Αισθητήρας Βαρομετρικής Πίεσης BARO	DELTAOHM Ιταλίας
Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου wind transmitter	THIES CLIMA Γερμανίας
M4 Σταθερός Ιστός ύψους 4 μέτρων	SCIENTACT AE
SP20 Διάταξη τροφοδοσίας του μετεωρολογικού σταθμού με ηλιακό συλλέκτη του	
M1306B Τηλεμετρική διάταξη μέσω κινητής τηλεφωνίας Radio modem GSM/GPRS	
Στοιχεία σταθμηγράφου	
MDS 56204 Σταθμηγράφος	SEBA Γερμανίας
Πλωτήρας	SEBA Γερμανίας
Data logger σειρά MDS SURFLOAT	SEBA Γερμανίας

Η λειτουργία του σταθμηγράφου βασίζεται στην μέθοδο πλωτήρα – αντίβαρου και όχι στη μέτρηση της υδροστατικής πίεσης. Η λήψη των μετρήσεων γίνεται με την χρήση φορητού υπολογιστή, διαθέτει μνήμη για 15000 μετρήσεις, interface σύνδεσης με υπολογιστή και λογισμικό για την μεταφορά των μετρήσεων και ψηφιακή οθόνη.



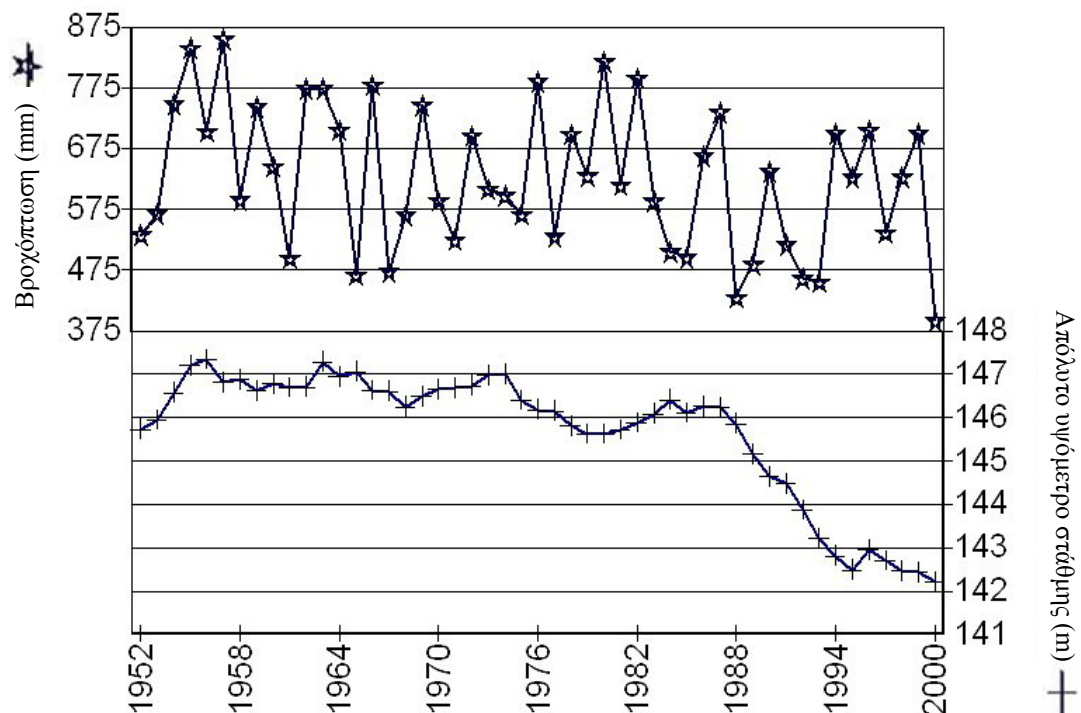
Εικ. 1. Άποψη του σταθμηγράφου και του μετεωρολογικού σταθμού, διακρίνονται το χωριό Dojran και οι γύρω λόφοι.

Στο Σχ. 1 παρουσιάζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία και ύψος βροχής στο χωριό Dojran.



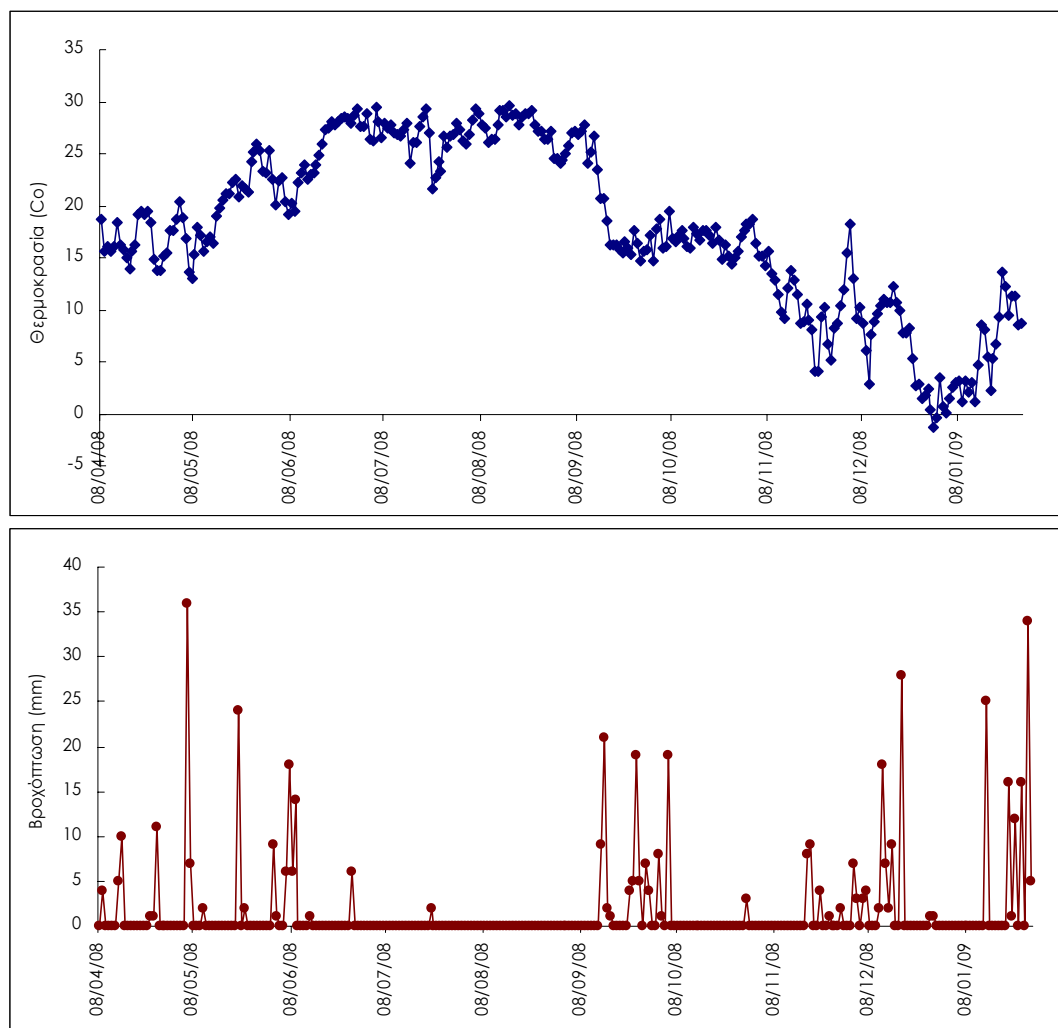
Σχ. 1. Διακύμανση της θερμοκρασίας (°C) και του ύψους βροχής (mm) στο χωριό Dojran του γειτονικού κράτους.

Πριν από το 1952 και έως το 1988 περίπου, η στάθμη του νερού της λίμνης κυμαινόταν σε αναλογία με τις βροχοπτώσεις (Σχ. 2). Από το 1988, ωστόσο, η στάθμη του νερού μειώνεται σταθερά (τουλάχιστον έως το 2000).

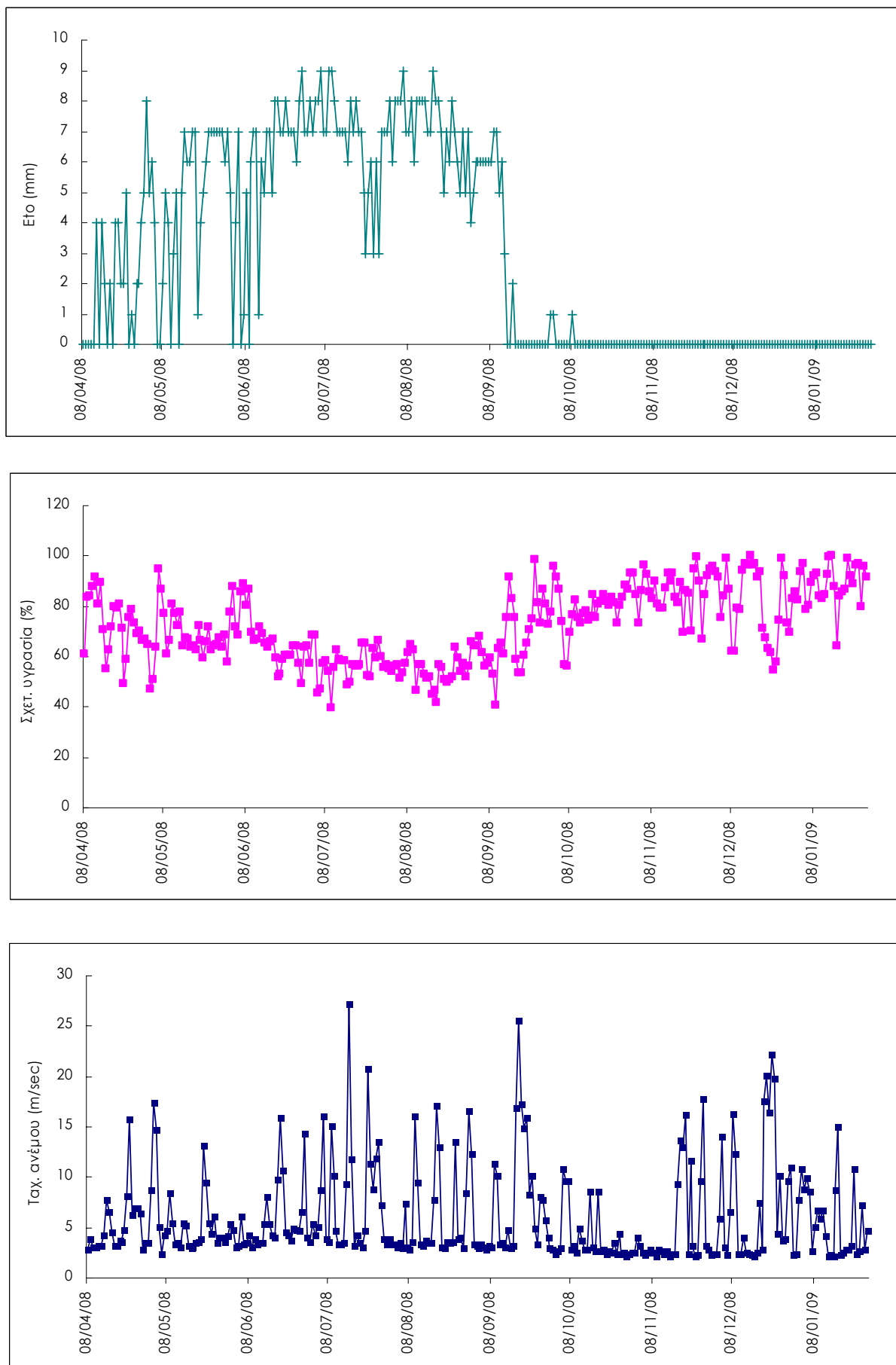


Σχ. 2. Διακύμανση του ύψους βροχής και του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης της λίμνης από στοιχεία της όμορης χώρας.

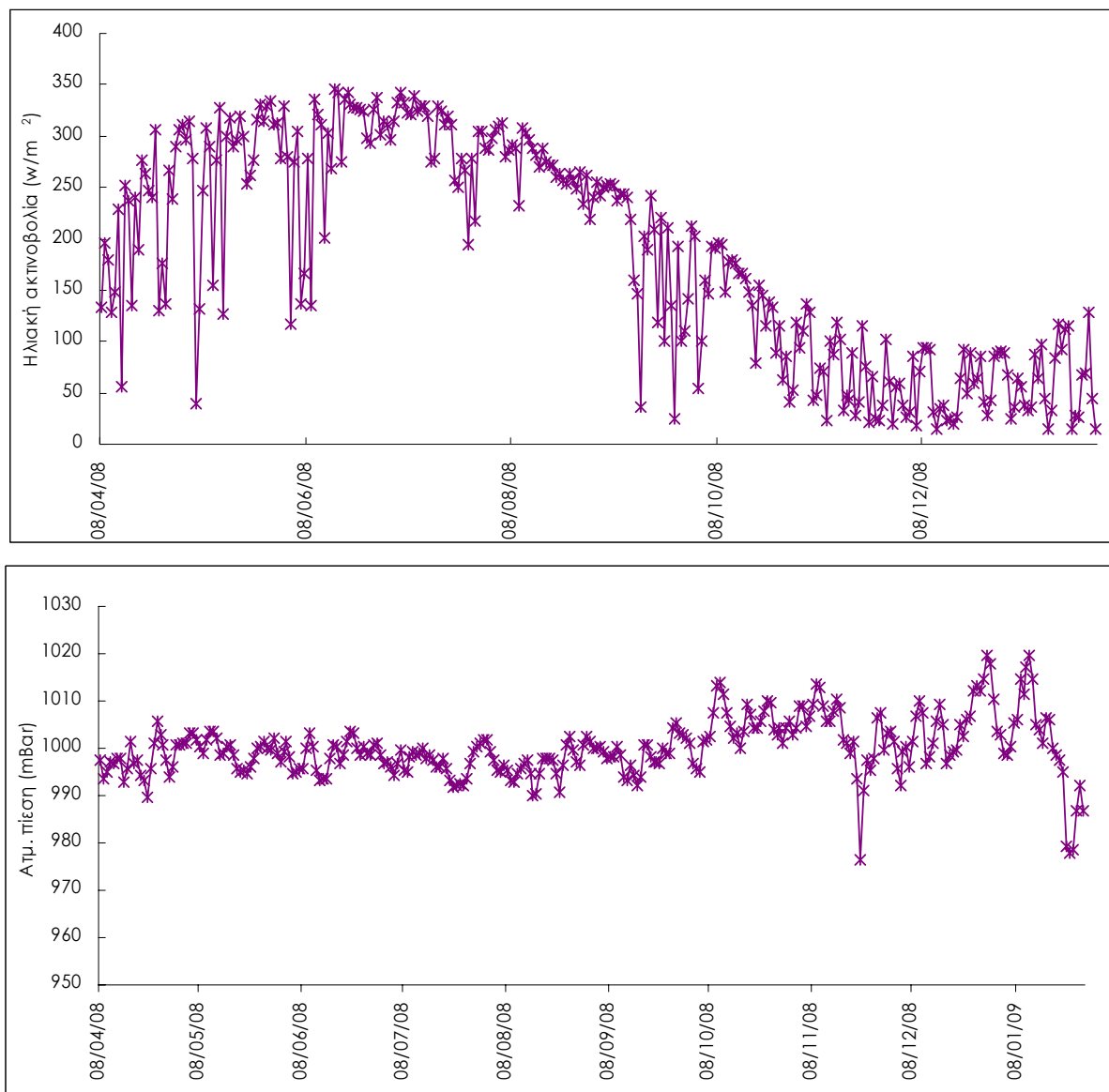
Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του έργου παρουσιάζονται στα Σχ. 3, 4, 5.



Σχ. 3. Χρονική μεταβολή της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για το διάστημα Απρίλιος 2008 – Ιανουάριος 2009



Σχ. 4. Χρονική μεταβολή της εξατμισοδιαπονοής, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας ανέμου για το διάστημα Απρίλιος 2008 –Ιανουάριος 2009.



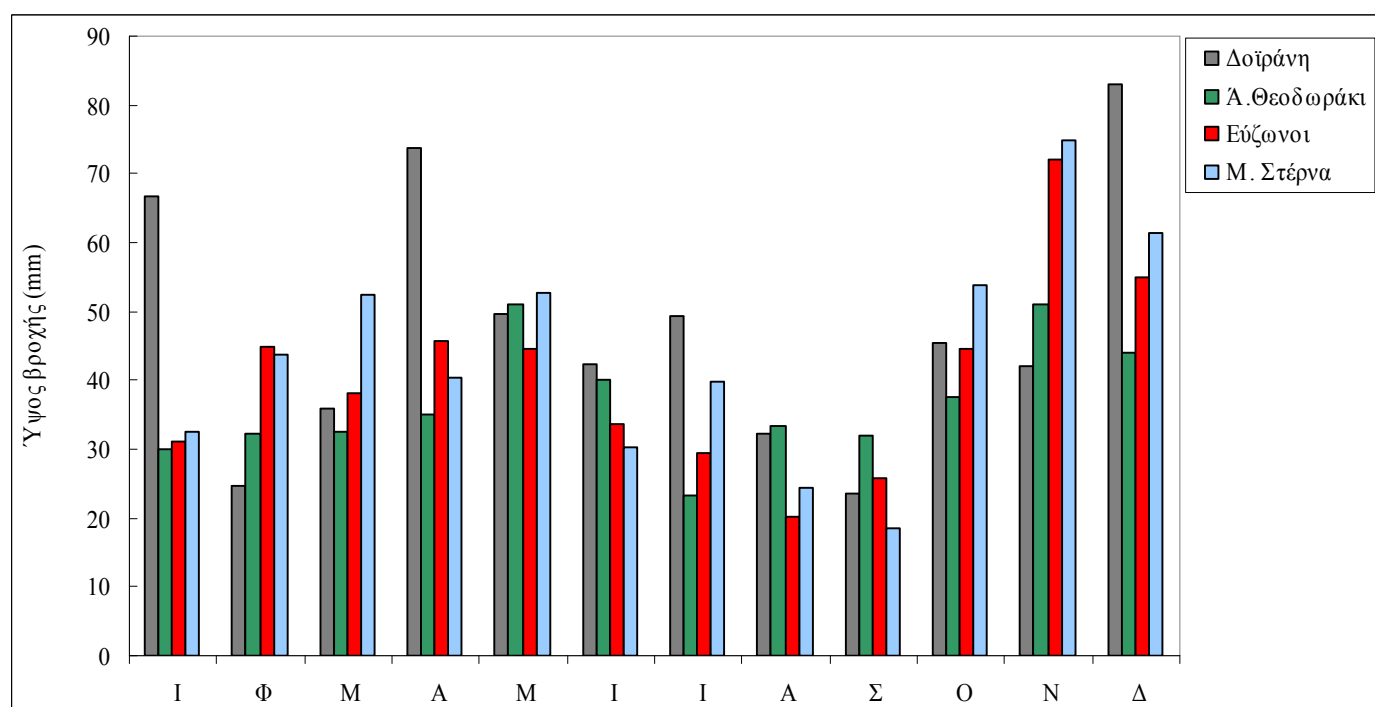
Σχ. 5. Χρονική μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης για το διάστημα Απρίλιος 2008 –Ιανουάριος 2009.

Τα μηνιαία ύψη βροχής στους σταθμούς Δοϊράνη, Άνω Θεοδωράκη, Εύζωνοι, Μεγάλη Στέρνα και Non Doiran παρουσιάζονται στο Σχ. 6. Τα διαθέσιμα δεδομένα καλύπτουν την περίοδο 1987 – 1993 και 2001-2003 για τον σταθμό της Δοϊράνης, 1980-2003 για το Άνω Θεοδωράκη, 1980-2000 για τους σταθμούς Εύζωνοι και Μεγάλη Στέρνα και 1961-2000 για τον σταθμό Non Doiran.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στον σταθμό της Δοϊράνης ήταν 569 mm, 443 mm στο Άνω Θεοδωράκη, 486 mm στους Ευζώνους, 525 mm στη Μεγάλη Στέρνα και 612 mm στο χωριό Dojran.

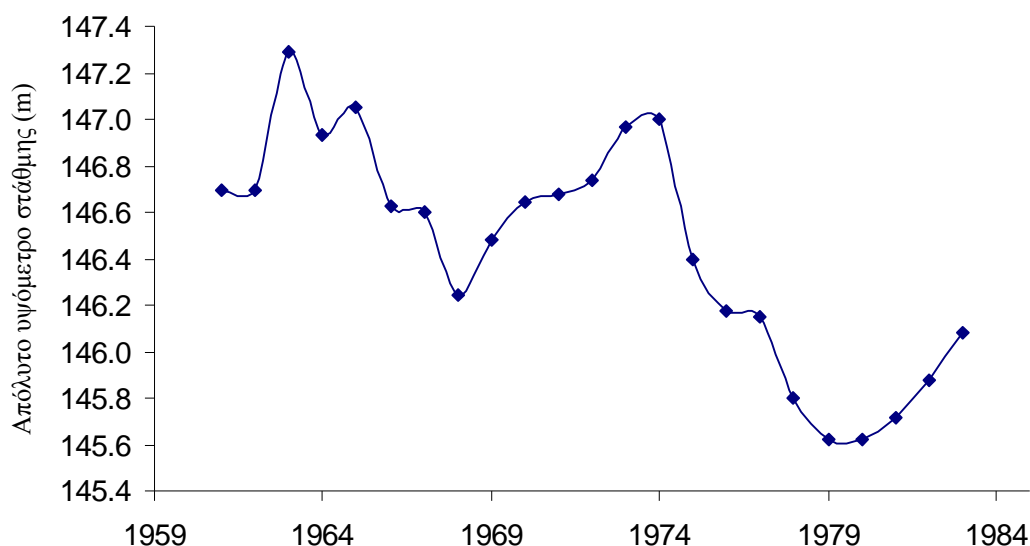
Υψηλότερες μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις καταγράφηκαν στον σταθμό της Δοϊράνης κατά τον Δεκέμβριο (83 mm, 14,6 %) και τον Απρίλιο (74 mm, 13 %). Υψηλές μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις καταγράφηκαν τον Μάιο και τον Νοέμβριο (51 mm, 11,55 %) στο Άνω Θεοδωράκη, και τον Νοέμβριο στους Ευζώνους (72 mm, 15 %), στη Μεγάλη Στέρνα (75 mm, 14,25 %) και στο χωριό Dojran (85,5 mm, 14 %). Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Σεπτέμβριος για τον σταθμό της Δοϊράνης (23,6 mm, 4 %), της Μεγάλης Στέρνας (18,6 mm,

3,54 %) και του Nov Doiran (32 mm, 5,2 %) ενώ ο Ιούλιος είναι ο ξηρότερος μήνας στο Άνω Θεοδωράκη (23,4 mm, 5,3 %) και ο Αύγουστος στους Ευζώνους (20 mm, 4,2 %).



Σχ. 6. Μέση μηνιαία ύψη βροχής (mm) στους μετεωρολογικούς σταθμούς του ελληνικού τομέα της λεκάνης απορροής λίμνης Δοϊράνης.

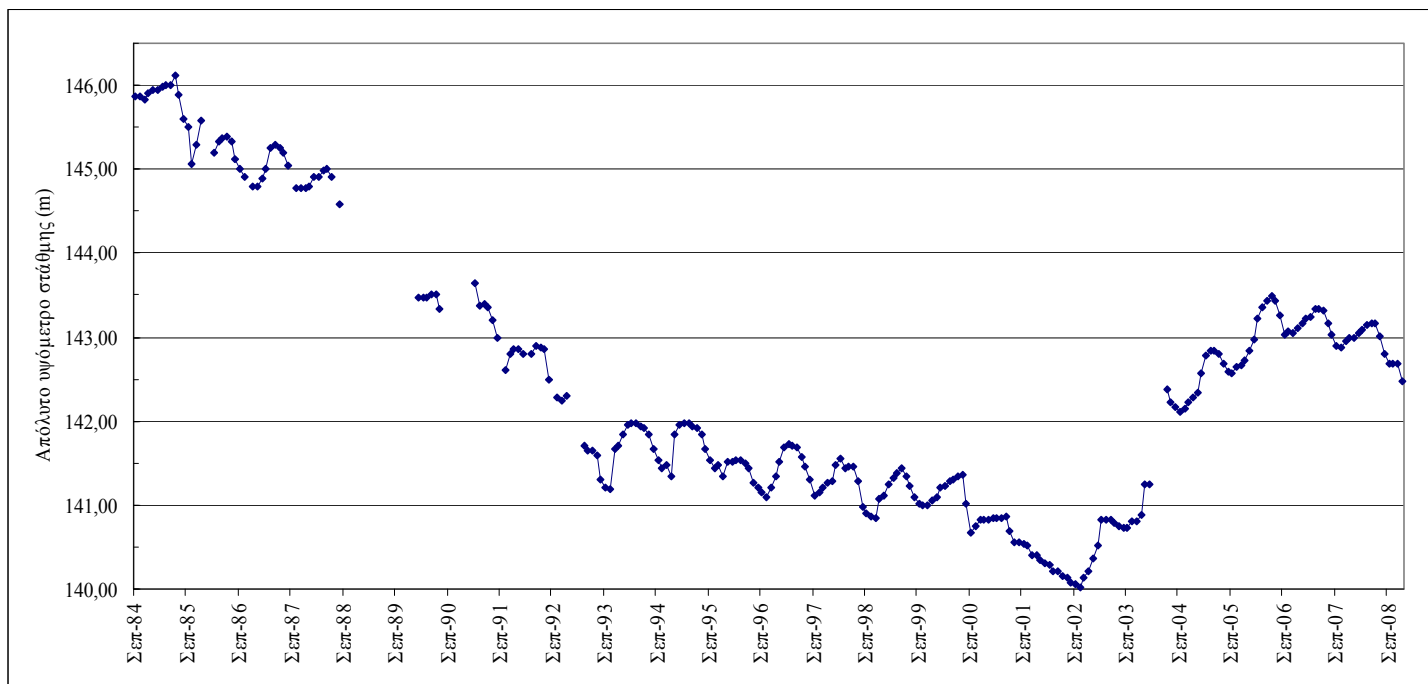
Στην Εικ. 7, παρουσιάζεται η διακύμανση του μέσου ετήσιου απόλυτου υψόμετρου της στάθμης της λίμνης όπως προέκυψε από μετρήσεις που έγιναν από τη γείτονα χώρα κατά το χρονικό διάστημα πριν την έναρξη έντονης πτώσης της στάθμης της (1961-1983).



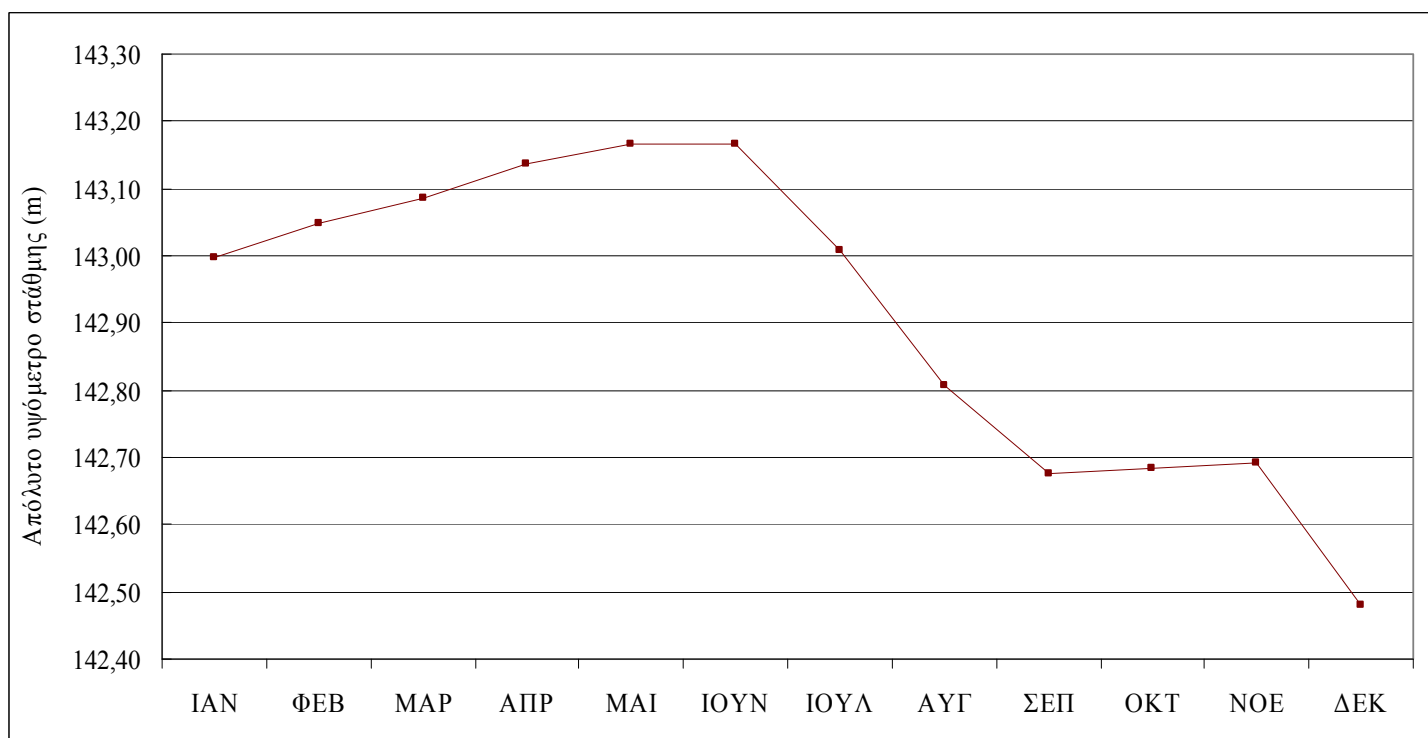
Σχ. 7. Το μέσο ετήσιο απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της λίμνης για το χρονικό διάστημα 1961 – 1983. Τα στοιχεία προέρχονται από την πρώην Γιουγκοσλαβία και το υψόμετρο αναφοράς είναι 144,93 m στην περιοχή της Κροατίας.

Η μεταβολή του απόλυτου υψόμετρου με στοιχεία ελληνικών πηγών (Διεύθυνση Τοπογραφικής Υπηρεσίας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Κιλκίς και 1η ΔΕΚΕ Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας) παρουσιάζονται

στο Σχ. 8. Στο Σχ. 9 παρουσιάζεται η διακύμανση της στάθμης της λίμνης κατά τη διάρκεια του προγράμματος.



Σχ. 8. Μεταβολή της στάθμης της λίμνης (απόλυτο υψόμετρο, m) στο χρονικό διάστημα 1984-2008



Σχ. 9. Μεταβολή της στάθμης της λίμνης (απόλυτο υψόμετρο, m) στη διάρκεια του 2008.

Βιβλιογραφία

Cvetanka Popovska, O. Bonacci. In: P. Hlavinek et al (eds) Dangerous pollutants (xenobiotics) in Urban Water Cycle, 151-160. Springer, 2008.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ

**‘ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΝΘΙΚΩΝ ΑΣΠΙΟΝΔΥΛΩΝ
ΜΑΛΑΚΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ
ΔΟΪΡΑΝΗΣ’**

ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΠΟΜΠΟΡΗ (Λέκτορας ΑΠΘ, επιστημονικώς υπεύθυνη)

ΙΩΑΝΝΑ ΣΑΛΒΑΡΙΝΑ (Βιολόγος-Ιχθυολόγος, M.Sc., ερευνήτρια)

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Ιανουάριος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	5
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	7
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	10
4.1 Φυσικές και χημικές παράμετροι.....	10
4.2 Βενθικά ασπόνδυλα.....	11
4.2.1 Σύνθεση της βενθικής κοινωνίας.....	12
4.2.2 Αφθονία των βενθικών ασπονδύλων.....	15
4.2.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση για τους δύο σταθμούς σε όλες τις εποχές.....	22
4.2.4 Δείκτες ποικιλότητας για τους δύο σταθμούς σε όλες τις εποχές.....	26
4.2.5 Συμπληρωματική δειγματοληψία άνοιξης 2008....	26
4.2.6 Πολυμεταβλητή ανάλυση για τους σταθμούς της άνοιξης.....	31
4.2.7 Δείκτες ποικιλότητας για τους σταθμούς της άνοιξης.....	35
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	36
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	42
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	43
8. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	43
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

1. Εισαγωγή

Ο ρόλος των βενθικών μακροασπόνδυλων στην εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων συστημάτων έχει αναγνωριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/EK (European Union 2000) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, τα βενθικά μακροασπόνδυλα αποτελούν ένα από τα βιολογικά στοιχεία για την εκτίμηση και παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης των λιμνών, των ποταμών και των παράκτιων συστημάτων. Η οικολογική κατάσταση με βάση τα μακροασπόνδυλα καθορίζεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.1.

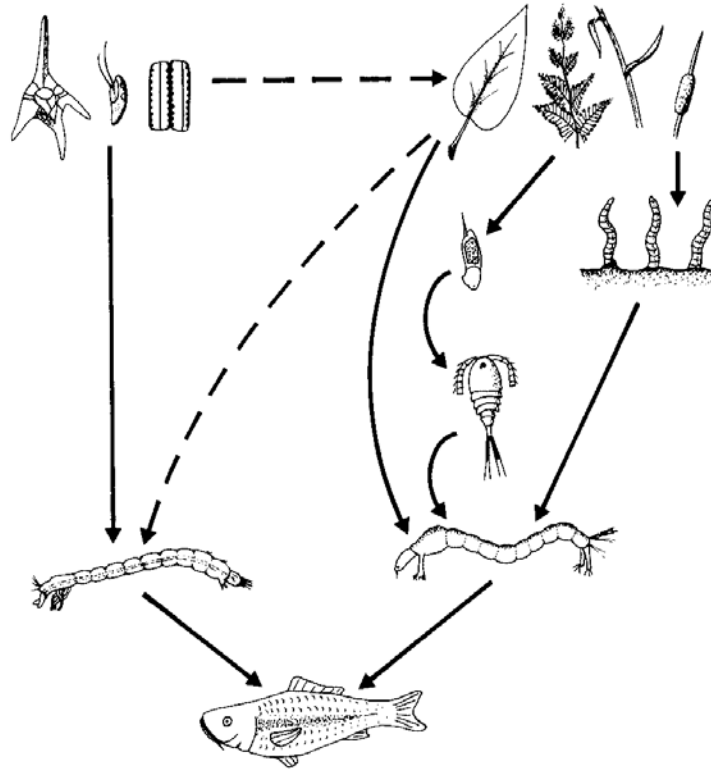
Πίνακας 1.1 Ορισμός της υψηλής, καλής και μέτριας οικολογικής κατάστασης των λιμνών με βάση την πανίδα των βενθικών ασπονδύλων (Directive 2000/60/EC, European Union 2000).

Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Η ταξινομική σύνθεση αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες	Ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων σε σχέση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες	Η σύνθεση και η αφθονία των ταξονομικών ασπονδύλων διαφέρουν μετρίως από τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες
Ο λόγος των ευαίσθητων στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες	Ο λόγος των ευαίσθητων στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες παρουσιάζει ελαφρές ενδείξεις αλλαγής από τα τυποχαρακτηριστικά επίπεδα	Απουσία σημαντικών ταξονομικών ομάδων της τυποχαρακτηριστικής κοινότητας
Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες	Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων διαφέρει ελαφρώς από τα τυποχαρακτηριστικά επίπεδα	Ο λόγος των ευαίσθητων στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες καθώς και η στάθμη ποικιλότητας είναι ουσιαστικά χαμηλότερα από το τυποχαρακτηριστικό επίπεδο και σημαντικά χαμηλότερα από ό,τι στην καλή κατάσταση

Στα λιμναία υδάτινα οικοσυστήματα τα βενθικά μακροασπόνδυλα κατέχουν μια ενδιάμεση θέση ανάμεσα στους πρωτογενείς παραγωγούς

και τους ανώτερους θηρευτές (όπως τα ψάρια) (Εικ. 1.1). Έτσι, διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στις διεργασίες που επιτελούνται σε αυτά (π.χ. δυναμική τροφικού πλέγματος, παραγωγικότητα, ανακύκλωση θρεπτικών αλάτων και αποσύνθεση οργανικής ύλης) (Wetzel 1983, Solimini et al. 2006). Τα περισσότερα βενθικά μακροασπόνδυλα δεν έχουν μεγάλη ικανότητα μετακίνησης και ο κύκλος ζωής τους είναι σχετικά μεγάλος (μικρότερος μεν των ψαριών αλλά μεγαλύτερος του ζωοπλαγκτού και του φυτοπλαγκτού). Επιπλέον, η παρουσία σπάνιων ειδών είναι ενδεικτική συστημάτων που προσεγγίζουν συνθήκες αναφοράς (Solimini et al. 2006). Πολλά είδη είναι ευαίσθητα και μπορούν να αποκρίνονται όχι μόνο στη ρύπανση αλλά και σε διάφορες μορφές ανθρωπογενών πιέσεων που ασκούνται στα υδάτινα οικοσυστήματα (υδρολογικές, κλιματολογικές, μορφολογικές, ναυσιπλοΐας, αναψυχής κλπ.). Άλλα είναι ανθεκτικά στη ρύπανση και έτσι η παρουσία τους μπορεί να θεωρηθεί ενδεικτική της επιβάρυνσης ενός συστήματος. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά και κυρίως η ικανότητά τους να αντανακλούν μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών σε μια λίμνη, τα καθιστούν δυνητικούς βιολογικούς δείκτες της εκτίμησης της υγείας ενός συστήματος (Carvalho et al. 2002, Solimini et al. 2006, Marziali et al. 2008). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Saether (1980) η ανάλυση των βιολογικών κοινωνιών μπορεί να δώσει πληροφορίες που ούτε κατά προσέγγιση θα έδινε η χρήση αποκλειστικά χημικών μεθόδων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης των βενθικών μακροασπόνδυλων για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών νερών των λιμνών, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EK, θεωρείται πως είναι η ευκολία στη συλλογή τους (κυρίως σε ρηχές λίμνες), το γεγονός ότι υπάρχουν ήδη κάποιες ανεπτυγμένες μέθοδοι που βασίζονται σε αυτά και τέλος ότι αντιδρούν σε χημικές παραμέτρους, συνδυάζοντας έτσι χημικά και βιολογικά στοιχεία (European Communities 2003). Από την άλλη, ως κύρια μειονεκτήματα αναγνωρίζονται το κενό της πληροφoρίας με συνθήκες αναφοράς, το γεγονός ότι δεν έχει αναπτυχθεί μια κοινή μεθοδολογία που θα ενσωματώνει τις απαιτήσεις της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα (WFD) και ακόμα η ακριβή αλλά και χρονοβόρα ανάλυση (European Communities 2003).



Εικόνα 1.1 Θέση στο τροφικό πλέγμα και οδοί τροφοληψίας των βενθικών ασπονδύλων. Αριστερά οι οργανισμοί εξαρτώνται από την παραγωγή φυτοπλαγκτού στην εύρωτη ζώνη. Δεξιά η πιο πολύπλοκη οδός που εμπεριέχει και είδη της μειοπανίδας που τρέφονται με βακτήρια. Από: Prat et al. (1992)

Πλήθος ερευνών έχουν διεξαχθεί στην Ευρώπη και στον κόσμο για τα βενθικά μακροασπόνδυλα στα ποτάμια και στις λίμνες. Για τα ποτάμια και στο πλαίσιο της οδηγίας για τα νερά, έχουν ήδη εξαχθεί βιολογικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της οικολογικής τους ποιότητας (ανασκόπηση στο European Communities 2003).

Τα βενθικά μακροασπόνδυλα είχαν χρησιμοποιηθεί επίσης από παλιά σε συστήματα ταξινόμησης των λιμνών (για ανασκόπηση βλέπε Brinkhurst 1974). Τα συστήματα όμως αυτά, που αφορούν σε λίμνες της Αμερικής και της Βόρειας Ευρώπης, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις περισσότερες λίμνες της Νότιας Ευρώπης (Prat et al. 1992) λόγω διαφορών της πανίδας των περιοχών αυτών και απουσίας πολλών ειδών που θεωρούνται δείκτες.

Για τις λίμνες, η χρήση των βενθικών ασπονδύλων για την εκτίμηση της οικολογικής τους ποιότητας είναι περιορισμένη. Επιπλέον, δε χρησιμοποιείται κοινή μεθοδολογία σε όλες τις χώρες κράτη μέλη της

Ευρωπαϊκής Ένωσης, ούτε έχει ολοκληρωθεί η άσκηση διαβαθμονόμησης. Έχουν προταθεί ορισμένοι δείκτες, αλλά δεν έχουν κοινή αποδοχή και κυρίως δεν ταιριάζουν σε κάθε λίμνη. Για παράδειγμα οι δείκτες που προτείνει ο Wiederholm βρίσκουν εφαρμογή σε βαθιές λίμνες, ενώ σε πιο ρηχές λίμνες δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν, καθώς πολλά από τα είδη δείκτες δε διαβιούν στα συστήματα αυτά (Kansanen et al. 1992). Άλλοι δείκτες όπως των Verneaux et al. (2004), Rossaro et al. (2006), Marziali et al. (2008) και Trigal et al. (2009) έχουν εξαχθεί για ευρωπαϊκά συστήματα, αλλά αναφέρονται σε συγκεκριμένο τύπο λιμνών και επίσης δεν έχει επαληθευτεί η καταλληλότητά τους. Οι Margaritora et al. (2002) προτείνουν ότι οι παράμετροι των βενθικών κοινωνιών που συνεισφέρουν περισσότερο στην εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας είναι ο αριθμός των ειδών (species richness), η παρουσία ή απουσία βιοδεικτών, ο δείκτης ποικιλότητας Shannon και ορισμένες άλλες μετρικές που βασίζονται στην αριθμητική αναλογία μεταξύ ορισμένων taxa. Οι White & Irvine (2003) προτείνουν ότι η δειγματοληψία θα πρέπει να περιορίζεται σε συγκεκριμένα μεσοενδιαίτηματα ώστε να μειώνεται η διακύμανση λόγω της ύπαρξης πολλών δεδομένων, να αυξάνεται η απλότητα και να προκύπτουν συγκρίσιμα αποτελέσματα.

Για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των λιμνών συνήθως χρησιμοποιούνται τα Oligochaeta και τα Chironomidae. Η τελευταία οικογένεια θεωρείται καλός δείκτης ρύπανσης (Reynoldson & Metcalfe-Smith 1992), ενώ η υποοικογένεια Chironominae θεωρείται από τις πιο ανθεκτικές (Hellowell, 1986 από Garcia-Criado et al. 2005). Ωστόσο, οι Garcia-Criado et al. (2005) δεν καταλήγουν σε κάποια σχέση μεταξύ του ποσοστού των Chironominae και της οικολογικής ποιότητας.

Έχει βρεθεί επίσης ότι οι προνύμφες των δίπτερων εντόμων της οικογένειας Chironomidae, όπως π.χ. το *Chironomus riparius*, όταν βρίσκονται σε ιζήματα με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων εμφανίζουν τόσο μορφολογικές αλλοιώσεις όσο και τροποποιήσεις στη δομή και λειτουργία των πολυταινικών τους χρωμοσωμάτων (π.χ. Michailova et al. 1996, 2003).

Στην Ελλάδα, τα βενθικά ασπόνδυλα έχουν ερευνηθεί στις ακόλουθες λίμνες: Καστοριάς (Koussouris et al. 1987), Βόλβη (Οικονομίδης 1991), Λυσιμαχία (Petridis 1993), Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993, Petridis & Sinis 1997), Μικρή Πρέσπα (Koussouris et al. 1987, Petridis & Sinis 1995), Κερκίνη (Κλώσσας 1975, Χατζηϊωάννου 2002, Γιαπής 2003, Μπόμπορη &

Σαλβαρίνα 2008,) και Παμβώτιδα (Kagalou et al. 2006) και Δοϊράνη από την πλευρά της FYROM (συνοψίζονται από Anonymous 2001, Griffiths et al. 2002). Επίσης, οι Móra & Csabai (2008) έχουν καταγράψει όλα τα είδη της οικογένειας Chironomidae που διαβιούν στα εσωτερικά ύδατα της Ρόδου, ενώ οι Καραούζας et al. (2006) έχουν ασχοληθεί με τα μακροασπόνδυλα σε εποχικά λιμναία ύδατα της Κρήτης.

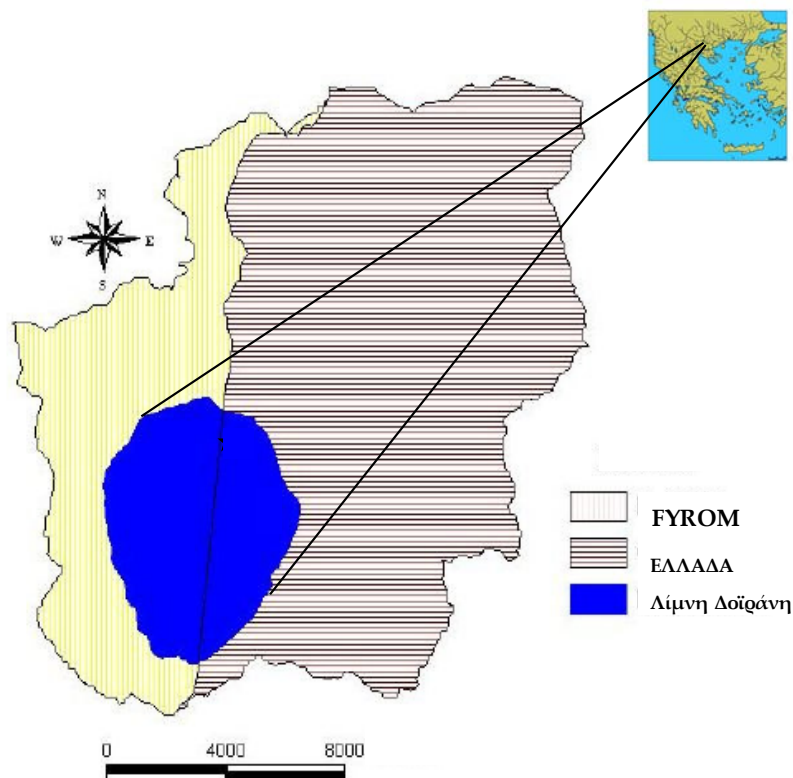
Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η καταγραφή, αναγνώριση και εκτίμηση της αφθονίας των βενθικών ασπονδύλων της λίμνης Δοϊράνης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας 2000/60/EK. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, κριτήρια για την παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης μιας λίμνης με βάση τα βενθικά της μακροασπόνδυλα αποτελούν η εκτίμηση της σύνθεσης της κοινότητας τους, η αφθονία τους, η ποικιλότητά τους και η ύπαρξη ή μη ευαίσθητων ταξινομικών ομάδων.

2. Περιοχή έρευνας

Η λίμνη Δοϊράνη βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα, και αποτελεί μια διασυνοριακή λίμνη, καθώς τα 2/3 της έκτασής της ανήκουν στην Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.-FYROM) και το υπόλοιπο 1/3 στην Ελλάδα (Εικ. 2.1). Η συνολική της έκταση είναι περίπου 28 km² (Temponeras et al. 2000) από τα 42,5 m² που είχε παλαιότερα (Stojanov et al. 2003). Η λίμνη δέχεται τα νερά μιας λεκάνης απορροής έκτασης 276,3 km², τα 2/3 της οποίας ανήκουν στην Ελλάδα και το 1/3 στην Π.Γ.Δ.Μ. (Εικ. 2.1). Έχει γενικά μικρό βάθος. Το μέγιστο βάθος της τα έτη 2001-2002 ήταν μόλις 4 m, σε αντίθεση με τα 10 m που είχε παλαιότερα (Nastov 2000, Katsavouni & Petkovski 2004). Γενικώς, στη Δοϊράνη έχει καταγραφεί πτώση της ανώτερης στάθμης των υδάτων της (από περίπου 147 m a.s.l. τη χρονική περίοδο 1955-1970 σε 142 m a.s.l. το 2002), συνοδευόμενη από αντίστοιχη μείωση του όγκου των υδάτων της [από 262x10⁶ m³ το 1988 σε 65-95x10⁶ m³ την περίοδο 2001-2003, Popovska & Stavrlic (2004)].

Η Δοϊράνη είναι εύτροφη λίμνη (Stankovic 1931, Temponeras et al. 2000, Lokoska et al. 2004), αν και έρευνες των Κιλικίδης κ.ά. (1984) και Μουρκίδης (1985) την είχαν χαρακτηρίσει ολιγότροφη και μεσότροφη. Η συγκέντρωση ορισμένων βαρέων μετάλλων (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) στα νερά της ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια ποιότητας νερού για την υδρόβια ζωή σύμφωνα με τον Environmental Protection Agency (EPA, 2006) (Pertsemli & Voutsas 2007).

Όσον αφορά τα βιολογικά στοιχεία της λίμνης, υπάρχουν πληροφορίες για το φυτοπλαγκτό (Schroder 1921, Temproner et al. 2000, Cook et al. 2004, Vardaka et al. 2005, Πολυκάρπου 2006), το ζωοπλαγκτό (Popovska-Stankovic 1954) και τα ψάρια (Economidis 1991, Νεοφύτου 1993, Kottelat 1997, Anonymous 2001, Μπόμπορη & Σαλβαρίνα 2007, Bobori & Salvarina 2007, Σαλβαρίνα et al. 2007, Μαυρεδάκη 2007, Μαλλούρης 2007, Γεωργίου 2008, Μπεκρή 2008). Στη λίμνη αναφέρονται 12 ή 15 ενδημικά είδη υδρόβιων ζώων (Smith & Smith 2003, Katsavouni & Petrovski 2004 αντίστοιχα). Όσον αφορά στο ζωοβένθος της λίμνης Δοϊράνης, υπάρχουν πληροφορίες που αφορούν το τμήμα που ανήκει στη γείτονα χώρα (συνοψίζονται από Anonymous 2001). Οι Griffiths et al. (2002) διερεύννησαν τη βενθική πανίδα της λίμνης το 1998 και δίνουν πληροφορίες για την παλαιοντολογία και τη διαχείριση της λίμνης, προτείνοντας παράλληλα μέτρα για την προστασία της. Στη λίμνη επίσης, έχουν αναφερθεί και ενδημικά είδη βενθικής μακροπανίδας, τουλάχιστον από την πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ. (Smith & Smith 2003). Αυτά είναι ένα είδος σπόγγου (Porifera), ένα είδος μαλακίου (Mollusca), πέντε είδη δακτυλιοσκωλήκων (Annelida) και τέσσερα είδη αρθροπόδων (Arthropoda).

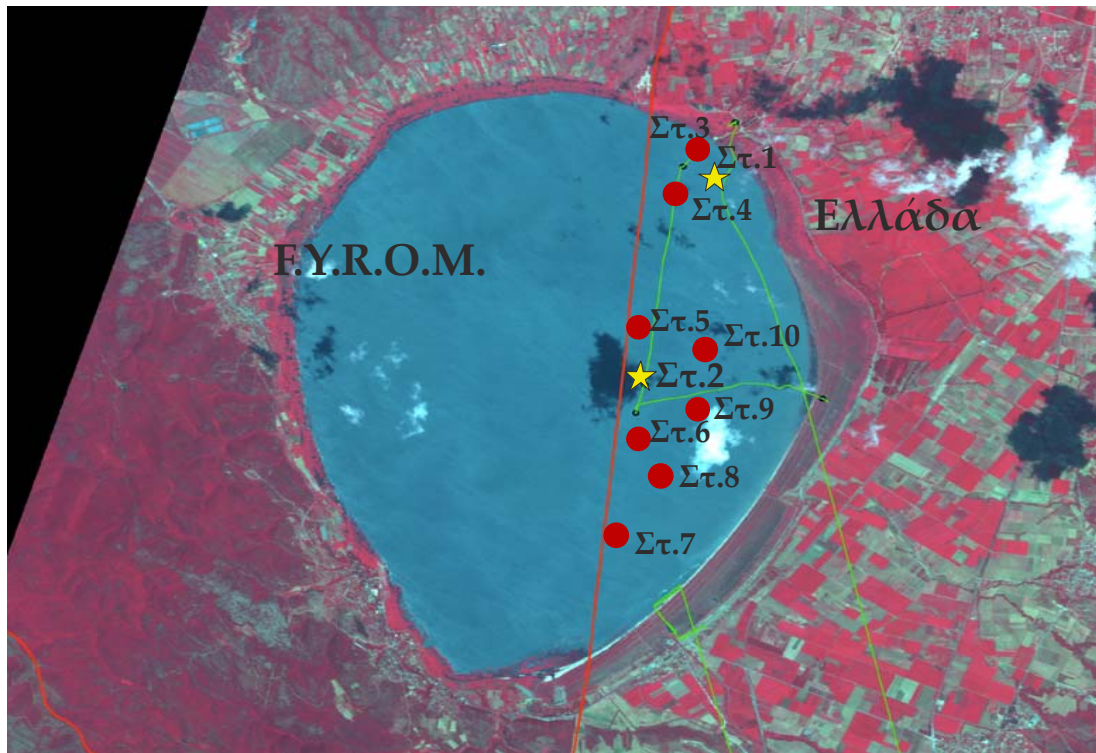


Εικόνα 2.1 Χάρτης της λίμνης Δοϊράνης και της λεκάνης απορροής της (από Katsavouni & Petkovski 2004 τροποποιημένη).

3. Μεθοδολογία

Για την έρευνα των βενθικών ασπονδύλων στη λίμνη Δοϊράνη σχεδιάστηκαν εποχικές δειγματοληψίες, διάρκειας ενός έτους. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μια δοκιμαστική δειγματοληψία (Σεπτέμβρης 2007) προκειμένου να διαπιστωθεί η καταλληλότητα χρήσης του δειγματολήπτη που επιλέχθηκε για τη συλλογή του ιζήματος, οι πιθανές δυσκολίες εφαρμογής της επιλεγόμενης μεθόδου καθώς και για να διερευνηθούν πιθανές διαφορές μεταξύ των προεπιλεγόμενων σταθμών δειγματοληψίας ως προς τη μορφή και δομή του υποστρώματος, ώστε να επιλεγεί τελικά ο σταθερός αριθμός και οι ακριβείς θέσεις των σταθμών.

Οι δειγματοληψίες διεξήχθησαν το φθινόπωρο του 2007 (Οκτώβριος), το χειμώνα (Φεβρουάριος), την άνοιξη (Μάιος) και το καλοκαίρι (Αύγουστος) του 2008. Όλες οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε δυο σταθμούς (Στ. 1 και Στ. 2) (Εικ. 3.1) στο ελληνικό τμήμα της λίμνης, όπως αυτοί προέκυψαν από την προκαταρκτική έρευνα. Η επιλογή των σταθμών έγινε με κριτήριο το υπόστρωμα και το βάθος. Ο σταθμός Στ. 1 βρισκόταν στο σημείο με το μικρότερο βάθος (≈ 3 m) σε μαλακό υπόστρωμα, στις εκβολές του ρέματος Μεγάλο Ποτάμι, ενώ ο σταθμός Στ. 2 βρισκόταν περίπου στο βαθύτερο σημείο του ελληνικού τμήματος (≈ 5 m) και κοντά στα σύνορα με τη γείτονα χώρα. Επιπλέον, την άνοιξη λήφθηκαν δείγματα βενθικών ασπονδύλων και από άλλους οκτώ σταθμούς, προκειμένου να καλυφθεί μεγαλύτερη έκταση του μαλακού υποστρώματος της λίμνης (Εικ. 3.1). Σε κάθε σταθμό γίνονταν μετρήσεις ορισμένων φυσικών και χημικών παραμέτρων του επιφανειακού νερού με φορητά πολυόργανα. Συγκεκριμένα, λαμβάνονταν μετρήσεις της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), του pH, του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου (mg/l) και της αγωγιμότητας ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Παράλληλα, καταγράφονταν το βάθος (m) του σταθμού και η διαφάνεια (m), με δίσκο του Secchi.



Εικόνα 3.1 Χάρτης της λίμνης Δοϊράνης με τους εποχικούς σταθμούς δειγματοληψίας βενθικών ασπονδύλων (Στ. 1 και Στ. 2 με αστερίσκο) και τους οκτώ πρόσθετους σταθμούς δειγματοληψίας της άνοιξης, με κόκκινο κύκλο). (από Σεφερλή, τροποποιημένη).

Από κάθε σταθμό παίρνονταν δύο δείγματα ιζήματος με τη χρήση δειγματολήπτη Ekman (διαστάσεων 15x15x15cm μήκοςxπλάτοςxύψος) (Εικ. 3.2), ο οποίος είναι κατάλληλος για μαλακό υπόστρωμα. Τα δείγματα τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρονταν στο εργαστήριο. Την ίδια ή τις επόμενες ημέρες τα δείγματα του ιζήματος, που είχαν διατηρηθεί στο ψυγείο, στους 4°C, κοσκινίζονταν με κόσκινο ανοίγματος πόρων 500 μm , που είναι αυτό που συνήθως χρησιμοποιείται σε ανάλογες έρευνες (π.χ. Petridis & Sinis 1995, Kagalou et al. 2006), αλλά και με κόσκινο 250 μm , που επίσης χρησιμοποιείται σε έρευνες βένθους (π.χ. Verneaux et al. 2004). Τα δείγματα ζωοβένθους που συλλέγονταν συντηρούνταν σε διάλυμα φορμόλης 8%. Η αναγνώριση των ειδών έγινε σε στερεοσκόπιο (για αναγνώριση σε επίπεδο οικογένειας ή τάξης) και στη συνέχεια η αναγνώριση των Chironomidae και Oligochaeta έγινε με τη βοήθεια μικροσκοπίου, στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο. Συγκεκριμένα για τα Chironomidae ήταν δυνατή η αναγνώριση σε επίπεδο γένους ή είδους σε όλα τα δείγματα. Όσον αφορά τα Oligochaeta, έγινε αναγνώριση μόνο σε επίπεδο οικογενειών, καθώς η αναγνώριση σε χαμηλότερο επίπεδο είναι δύσκολη εφόσον αυτά δε βρίσκονται σε ώριμο

στάδιο. Οι κλείδες που χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό ήταν των: Brinkhurst (1971), Wiederholm (1983), Webb & Scholl (1985), Tachet et al. (1991) και Campaioli et al. (1999). Από τα δύο δείγματα ιζήματος του κάθε σταθμού υπολογίστηκε ο μέσος όρος της αφθονίας του κάθε taxon καθώς και η συνολική αφθονία για κάθε σταθμό ανά εποχή και συνολικά. Η αφθονία εκφράστηκε σε άτομα ανά μονάδα επιφάνειας (ind/m^2).



Εικόνα 3.2 Δειγματολήπτης τύπου Ekman με ιζήμα από τη λίμνη Δοϊράνη.

Προκειμένου να βρεθεί αν τα δείγματα της άνοιξης ομαδοποιούνται σε σχέση με το βάθος, έγινε πολυμεταβλητή ανάλυση (multivariate analysis) και συγκεκριμένα ανάλυση δένδρογραμματος (Cluster analysis) και ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις (MDS analysis) με βάση το δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis (1957) με βάση την αφθονία των ταξινομικών ομάδων ανά σταθμό. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις θεωρήθηκαν αποδεκτά όταν η τιμή του συντελεστή συμπίεσης (stress) δεν ξεπερνούσε το 0,2 (Clarke & Warwick 1994). Για να βρεθούν ποιες ταξινομικές ομάδες συνεισέφεραν περισσότερο στην ομοιομορφία μέσα στις ομάδες και στην ανομοιομορφία ανάμεσα στις ομάδες, εφαρμόστηκε η ανάλυση ποσοστιαίας ομοιότητας (SIMPER). Οι ίδιες αναλύσεις έγιναν και με βάση την αφθονία των taxa στους 2 σταθερούς σταθμούς (Στ. 1 και Στ. 2) ανά εποχή. Και στις δύο περιπτώσεις της πολυμεταβλητής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν λογαριθμημένες ($\log(x+1)$) τιμές της αφθονίας. Οι παραπάνω αναλύσεις

έγιναν χρησιμοποιώντας μήτρες που σχηματίστηκαν με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Primer (Clarke & Gorley 2001).

Με τη μη παραμετρική δοκιμασία Mann-Whitney (U test) διερευνήθηκε αν οι δύο σταθεροί σταθμοί κάθε εποχής εμφάνιζαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά στη σύνθεση και αφθονία των βενθικών ασπονδύλων. Η επίσης μη παραμετρική δοκιμασία Kruskal-Wallis χρησιμοποιήθηκε για το έλεγχο της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των τεσσάρων εποχών για τον κάθε ένα από τους σταθερούς σταθμούς Στ. 1 και Στ. 2 ξεχωριστά. Για τις αναλύσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Statview 5.

Επιπλέον, υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του Primer (Clarke & Gorley 2001):

i) ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener H' σύμφωνα με τον τύπο:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_e \frac{n_i}{N}$$

όπου: s = ο συνολικός αριθμός των taxa, n_i = η αφθονία του taxon i , N = η συνολική αφθονία του δείγματος και

ii) ο δείκτης ομοιοκατανομής Pielou J' (Maguran 1988), σύμφωνα με τον τύπο:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

όπου $H'_{\max} = \log_2 s$ είναι η μέγιστη δυνατή ποικιλότητα για οποιοδήποτε αριθμό taxa (s).

4. Αποτελέσματα

4.1 Φυσικές και χημικές παράμετροι

Οι τιμές των φυσικών και χημικών παραμέτρων στους 2 σταθερούς σταθμούς δίνονται στον Πίνακα 4.1. Η απουσία μετρήσεων σε ορισμένες περιπτώσεις οφείλεται σε σφάλμα των οργάνων μέτρησης. Οι τιμές των παραμέτρων δε διέφεραν μεταξύ των δύο σταθμών ($p > 0,05$) αλλά και μεταξύ των εποχών ($p > 0,05$), με εξαίρεση τη θερμοκρασία (Πίνακας 4.1). Το βάθος στους σταθμούς δειγματοληψίας δίνεται στον Πίνακα 4.2. Οι τιμές pH βρέθηκαν μέσα στο εύρος (7,6-9,5) που δίνουν και οι Pertsemli & Voutsas (2007) για τη λίμνη Δοϊράνη.

Πίνακας 4.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του επιφανειακού νερού της λίμνης Δοϊράνης, σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας και ανά εποχή, για το διάστημα φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008, Στ. 1, Στ. 2 σταθμοί δειγματοληψίας.

	Φθινόπωρο 2007		Χειμώνας 2008		Άνοιξη 2008		Καλοκαίρι 2008	
	Στ. 1	Στ. 2	Στ. 1	Στ. 2	Στ. 1	Στ. 2	Στ. 1	Στ. 2
Διαφάνεια								
(m)	2,0	1,2	1,3	1,0	0,5	0,6	0,7	0,6
Θερμοκρασία								
(°C)	13	14,3	4,5	3,6	24,6	25,3	27,5*	
Διαλυμένο O ₂								
(mg/l)	-	-	13,3	13,3	9,1	9,4	10,5*	
pH	8,4	8,3	8,0	8,1	9,0	8,9	8,5*	
Αγωγιμότητα								
(μS/cm)	-	-	862,0	860,0	739,0	740,0	809*	

*λόγω δυσλειτουργίας των οργάνων την ημέρα της δειγματοληψίας, οι μετρήσεις έγιναν δύο ημέρες μετά από την ακτή

Πίνακας 4.2 Βάθος (m) σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας βενθικών ασπονδύλων, στη λίμνη Δοϊράνη.

Σταθμός/εποχή	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη	καλοκαίρι
Στ. 1	3,0	3,0	3,3	3,2
Στ. 2	5,0	5,7	5,5	4,6
Στ. 3			3,5	
Στ. 4			5,0	
Στ. 5			5,5	
Στ. 6			5,0	
Στ. 7			4,5	
Στ. 8			4,5	
Στ. 9			5,0	
Στ. 10			5,0	

4.2. Βενθικά ασπόνδυλα

Τα αποτελέσματα που παραθέτονται στη συνέχεια προέρχονται από τα δείγματα ιζήματος στα οποία χρησιμοποιήθηκε κόσκινο με άνοιγμα πόρων 500 μm, για την απομόνωση των βενθικών ασπονδύλων. Το 29% των δειγμάτων (8 δείγματα) κοσκινίστηκε και με κόσκινο μικρότερου ανοίγματος (250 μm). Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυο δειγμάτων προέκυψε ότι τα δείγματα που προέρχονται από το μικρότερου

διαμετρήματος κόσκινο (250 μm) δεν συνεισέφεραν με επιπλέον είδη στα δείγματα για τα οποία είχε χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερου διαμετρήματος κόσκινο (500 μm). Το κοσκίνισμα με το κόσκινο των 250 μm συνεισέφερε κυρίως στην αφθονία των Nematoda και Ostracoda, που λόγω του μικρού τους μεγέθους συχνά διαφεύγουν από το κόσκινο των 500 μm . Έτσι, αφενός δεν κρίθηκε αναγκαία η επεξεργασία όλων των δειγμάτων και με το μικρότερο κόσκινο και αφετέρου, καθώς στις αντίστοιχες έρευνες στη χώρα μας έχει χρησιμοποιηθεί κόσκινο 500 μm θεωρήθηκε προτιμότερη η χρήση του συγκεκριμένου μεγέθους για συγκριτικούς λόγους.

4.2.1 Σύνθεση της βενθικής κοινωνίας

Συνολικά σε όλα τα δείγματα από τους δύο σταθμούς Στ. 1 και Στ. 2 και τους οκτώ συμπληρωματικούς σταθμούς της άνοιξης (συνολικά 28 δείγματα) βρέθηκαν 6.444 ζωντανά άτομα, τα οποία ανήκαν σε 16 διαφορετικά taxa βενθικών ασπονδύλων (Πίνακας 4.3). Συγκεκριμένα καταγράφηκαν προνύμφες (larvae) και νύμφες (pupae) δίπτερων εντόμων των οικογενειών Chironomidae, Ceratopogonidae και Chaoboridae, Oligochaeta των οικογενειών Tubificidae και Naididae, Nematoda και Ostracoda. Από τα 8 είδη Chironomidae που βρέθηκαν, τα περισσότερα από τα μισά (5) ανήκαν στην υποοικογένεια Chironominae και ειδικότερα στο taxon Chironomini.

Επιπλέον, καταγράφηκε η παρουσία παλαιών οστράκων από τα είδη γαστεροπόδων *Valvata* sp. Müller 1773 και *Lymnae* sp. και δίθυρων μαλακίων των ειδών *Unio* sp. Retzius 1788, *Anodonta cygnea* Linnaeus 1758 και *Dreissena* sp. Van Beneden 1835 (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3 Taxa βενθικών ασπονδύλων που βρέθηκαν στο μαλακό υπόστρωμα της λίμνης Δοϊράνης, το διάστημα φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

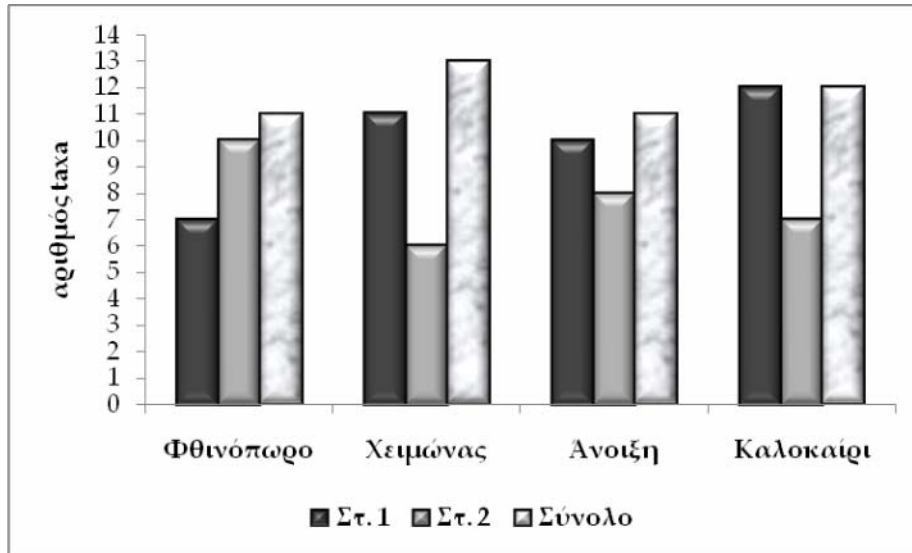
Insecta - Diptera	Oligochaeta
Chironomidae	Tubificidae
Chironominae	
Chironomini	Naididae
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i> Meigen 1803	
<i>Chironomus muratensis</i> Ryser, Scholl & Wülker 1983	
<i>Chironomus</i> sp. Meigen	
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer 1913)	
Tanytarsini	
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i> Kieffer 1921	
Tanypodinae	
<i>Procladius (Holotanypus) choreus</i> (Meigen 1804)	
<i>Tanypus</i> sp. Meigen 1803	
Tanypodinae sp.	
Ceratopogonidae	
Chaoboridae	
<i>Chaoborus</i> sp. Lichtenstein 1800	
Culicidae	
Tipulidae	
Diptera sp.	
	Nematoda
	Nematoda spp.1
	Nematoda spp.2
	Ostracoda
	Mollusca *
	Bivalva
	<i>Anodonta cygnea</i> Linnaeus 1758
	<i>Dreissena</i> sp. Van Beneden 1835
	<i>Unio</i> sp. Retzius 1788
	Gastropoda
	<i>Valvata</i> sp. O.F.Müller 1773
	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus 1758)

* παλαιά όστρακα

Ειδικότερα, το χειμώνα καταγράφηκαν 13 taxa, το καλοκαίρι 12, ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο από 11 taxa (Πίνακας 4.4). Το χειμώνα καταγράφηκε επιπλέον η παρουσία των ειδών *Cladotanytarsus* gr. *mancus* και Tanypodinae sp., που απουσίαζαν τις υπόλοιπες εποχές, το καλοκαίρι βρέθηκε επιπλέον το είδος *Chironomus* sp. καθώς και η νύμφη ενός άλλου εκπρόσωπου των Diptera και την άνοιξη καταγράφηκε επιπλέον το είδος *Tanypus* sp. (Πίνακας 4.4). Γενικά στο σταθμό Στ. 1 καταγράφηκαν περισσότερα taxa συγκριτικά με το σταθμό Στ. 2 σε όλες τις εποχές εκτός από το φθινόπωρο (Εικ. 4.1). Ο μεγαλύτερος αριθμός taxa που σημειώθηκε ήταν 12 το καλοκαίρι στο σταθμό Στ. 1, ενώ ο μικρότερος 6 το χειμώνα στο σταθμό Στ. 2.

Πίνακας 4.4 Κατάλογος των taxa βενθικών ασπονδύλων που καταγράφηκαν στους δύο σταθμούς μαλακού υποστρώματος (Στ. 1 και Στ. 2) καθώς και τιμές μέσης αφθονίας (ind/m²) ανά εποχή, λίμνη Δοϊράνη, φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

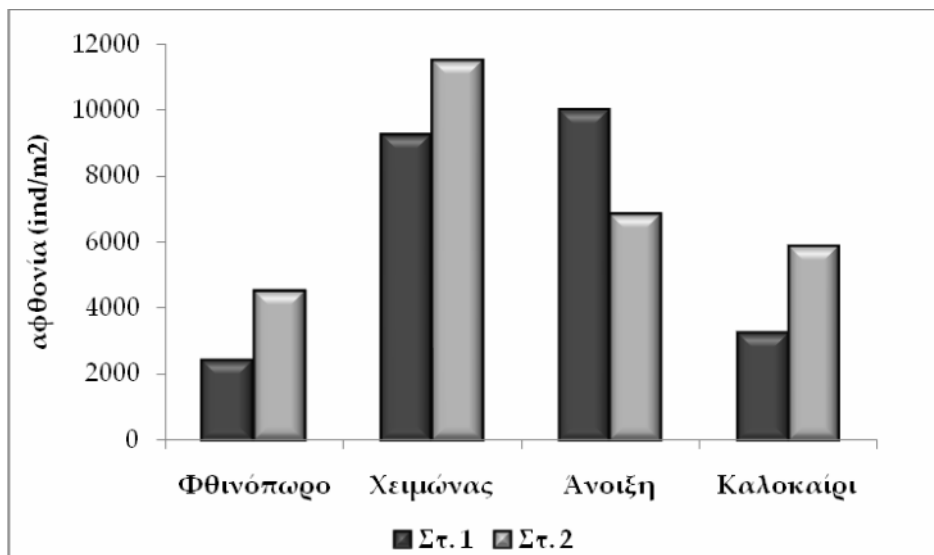
Taxa	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη	καλοκαίρι	σύνολο
Diptera	1444,4	2088,9	1600,0	2311,1	1861,1
Chironomidae (larva)	1211,1	1877,8	1555,6	2011,1	1663,9
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	1166,7	1400,0	1088,9	966,7	1155,6
<i>Chironomus muratensis</i>	11,1	11,1	177,8		66,7
<i>Chironomus</i> sp.				155,6	155,6
<i>Cryptochironomus defectus</i>	11,1	33,3	100,0	55,6	50,0
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i>		66,7			66,7
<i>Procladius choreus</i>	22,2	355,6	177,8	522,2	269,4
<i>Tanypodinae</i> sp.		11,1		277,8	144,4
<i>Tanypus</i> sp.			11,1		11,1
<i>Chironomus</i> sp. (pupa)				33,3	33,3
<i>Chaoborus</i> sp. (pupa)			11,1	11,1	11,1
<i>Chaoborus</i> sp. (larva)	188,9	100,0	33,3	277,8	150,0
Diptera (pupa)				11,1	11,1
Ceratopogonidae (larva)	44,4	111,1		11,1	55,6
Oligochaeta	1122,2	988,9	1400,0	1166,7	1169,4
Tubificidae	1022,2	944,4	1355,6	1155,6	1119,4
Naididae	100,0	44,4	44,4	11,1	50,0
Nematoda	844,4	7122,2	5111,1	1022,2	3525,0
Nematoda spp.1	611,1	6888,9	4300,0	1022,2	3205,6
Nematoda spp.2	233,3	233,3	11,1		159,3
Ostracoda	88,9	188,9	322,2	77,8	169,4
σύνολο	3500,0	10388,9	8433,3	4577,8	6725,0



Εικόνα 4.1 Αριθμός taxa βενθικών ασπονδύλων ανά εποχή και ανά σταθμό, στη λίμνη Δοϊράνη, φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

4.2.2. Αφθονία των βενθικών ασπονδύλων

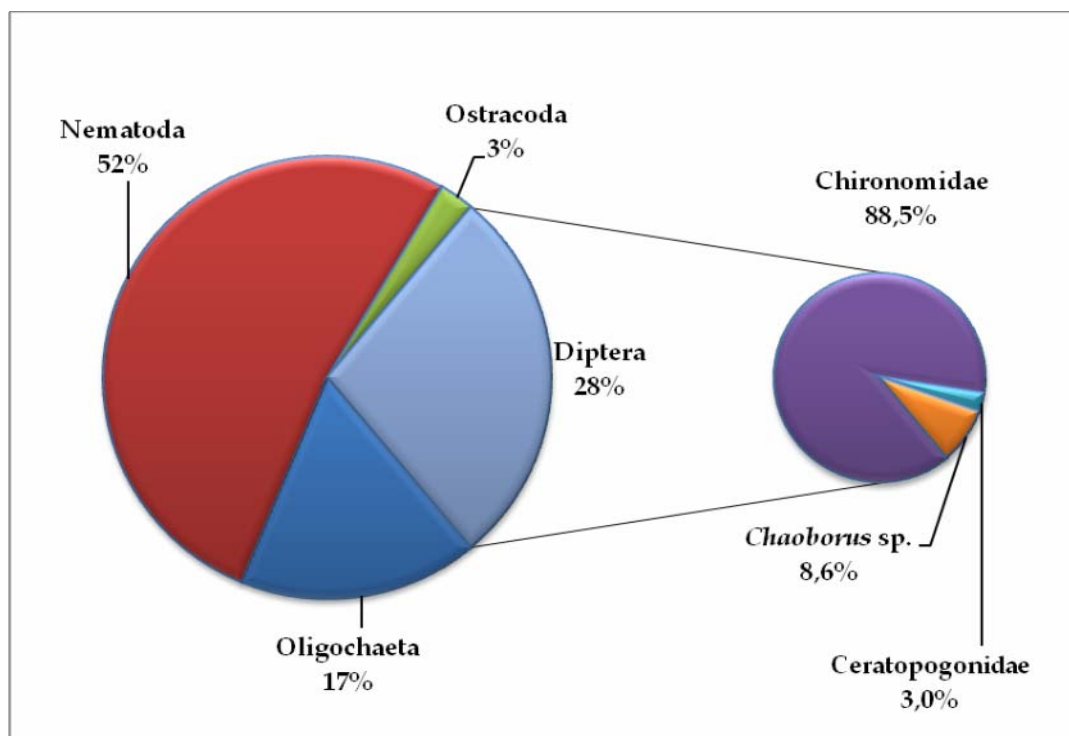
Η μέση συνολική αφθονία από όλα τα δείγματα υπολογίστηκε σε 6.725,0 ind/m² (Πίνακας 4.4), με την υψηλότερη τιμή (10.388,9 ind/m²) να καταγράφεται το χειμώνα και τη χαμηλότερη τιμή (3.500,0 ind/m²) το φθινόπωρο (Πίνακας 4.4). Όσον αφορά τη συνολική αφθονία ανά σταθμό και ανά εποχή, η υψηλότερη τιμή που σημειώθηκε ήταν 11.511,1 ind/m² στο σταθμό Στ. 2 το χειμώνα, ενώ η χαμηλότερη ήταν 3.266,7 στο σταθμό Στ. 1 το φθινόπωρο (Εικ. 4.2).



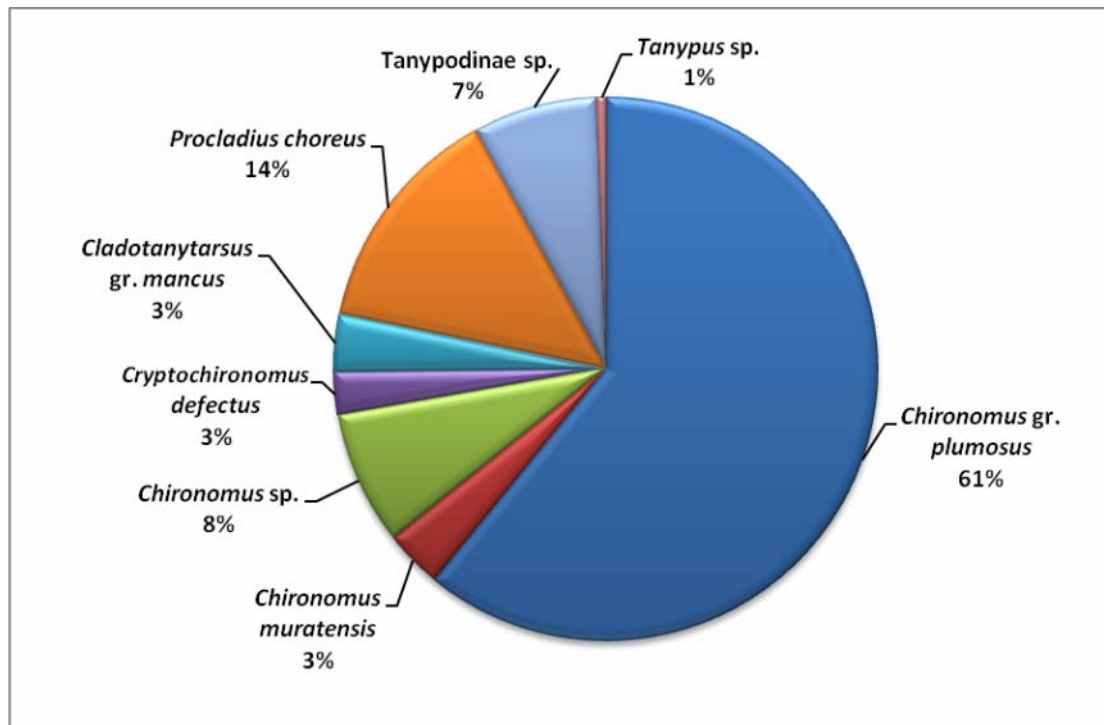
Εικόνα 4.2 Συνολική αφθονία (ind/m²) των βενθικών ασπονδύλων ανά εποχή και ανά σταθμό, στη λίμνη Δοϊράνη, φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

Το taxon που εμφάνισε την υψηλότερη αφθονία γενικά ήταν τα Nematoda (3.525 ind/m²), καταλαμβάνοντας ποσοστό 52% της μέσης συνολικής αφθονίας (Εικ. 4.3). Ακολούθησαν τα Diptera (1.861,1 ind/m²) (28%) και τα Oligochaeta (1.169,4 ind/m²) (17%). Στην αφθονία των Diptera συνεισέφεραν στο μεγαλύτερο βαθμό (κατά 88,5%) τα Chironomidae, ενώ στην αφθονία των τελευταίων το 92% κατείχαν είδη της υποοικογένειας Chironominae. Υψηλότερη συμμετοχή στην αφθονία των Chironomidae είχε το είδος *Chironomus sp. plumosus* (61%), ενώ χαμηλότερη το είδος *Tanyrpus sp.* (1%) (Εικ. 4.4).

Όπως έδειξε η δοκιμασία Kruskal-Wallis, η σύνθεση και η αφθονία της κοινότητας των βενθικών ασπονδύλων, δε διέφερε ανά εποχή τόσο για το σταθμό Στ. 1, όσο και για το σταθμό Στ. 2 ($p > 0,05$). Επίσης, από τον έλεγχο που έγινε με τη δοκιμασία Mann-Whitney (U-test) για το αν οι σταθμοί Στ. 1 και Στ. 2 διαφέρουν μεταξύ τους σε κάθε εποχή ξεχωριστά, βρέθηκε ότι αυτοί δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$).



Εικόνα 4.3 Ποσοστιαία (%) σύνθεση της συνολικής (σταθμοί Στ. 1 και Στ. 2) αφθονίας των βενθικών ασπονδύλων κατά μεγάλες ταξινομικές ομάδες, λίμνη Δοϊράνη, φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

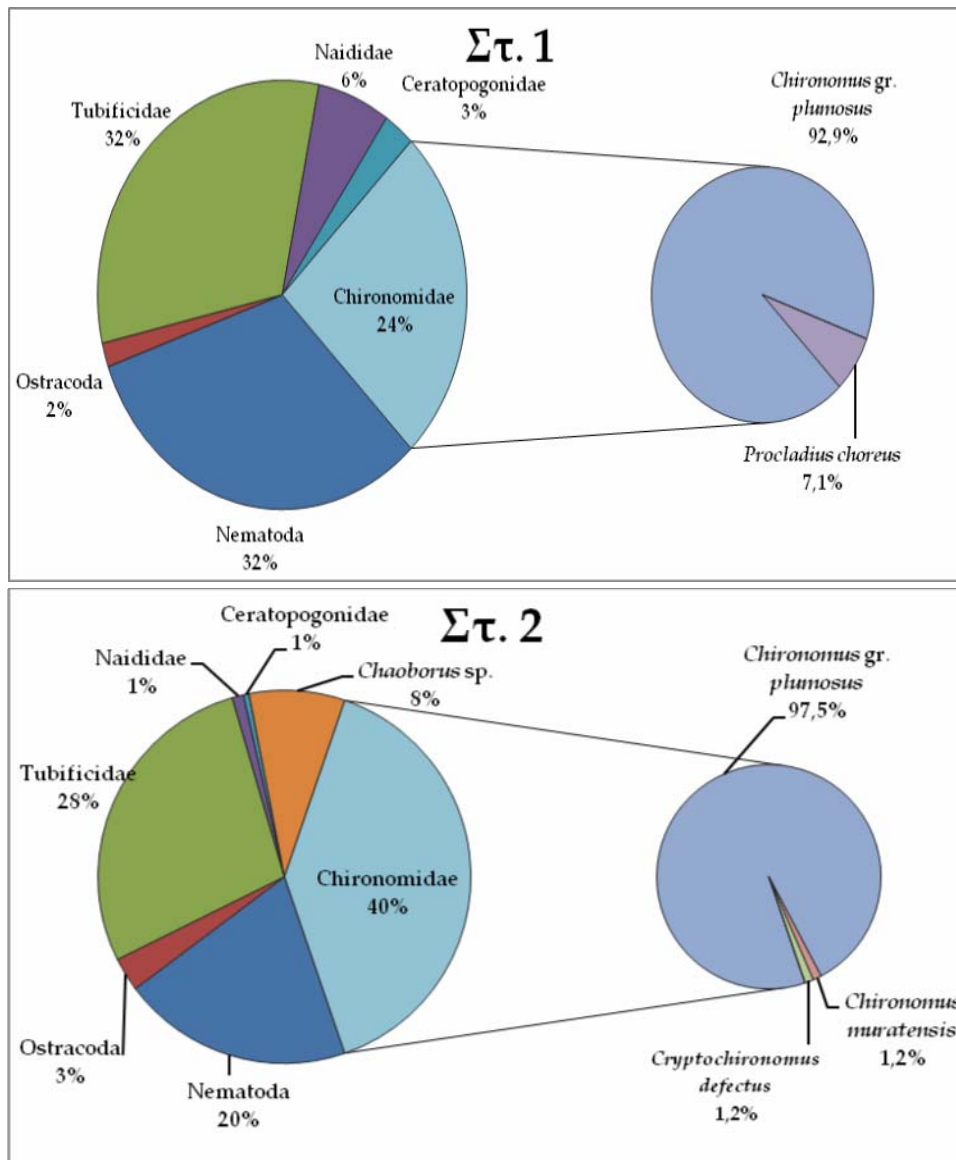


Εικ. 4.4 Ποσοστιαία (%) συμμετοχή των ειδών στη μέση συνολική (Στ. 1 και Στ. 2) αφθονία της οικογένειας Chironomidae, λίμνη Δοϊράνη, φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008.

Αναλυτικότερα η σύνθεση της βενθικής κοινωνίας ανά σταθμό και ανά εποχή φαίνεται στις εικόνες 4.5, 4.6, 4.7 και 4.8.

Φθινόπωρο

Το φθινόπωρο η μέση συνολική αφθονία από τους δύο σταθμούς ήταν 3.500 ind/m² και ενώ καταγράφηκαν συνολικά 11 taxa (Πίνακας 4.4), τα περισσότερα από αυτά (10) βρέθηκαν στο σταθμό Στ. 2 και λιγότερα (7) στο σταθμό Στ. 1 (Εικ. 4.1). Στο σταθμό Στ. 1 την επικράτηση στη συνολική αφθονία μοιράστηκαν τα Nematoda και Tubificidae (32% το καθένα στη συνολική αφθονία), ενώ στο σταθμό Στ. 2 το μεγαλύτερο ποσοστό στη συνολική αφθονία είχαν τα Chironomidae (40%) (Εικ. 4.5). Ειδικότερα, σε ότι αφορά στα Chironomidae, επικράτησε σχεδόν αποκλειστικά το *Chironomus gr. plumosus* (97,3% στη συνολική αφθονία της οικογένειας Chironomidae) (Εικ. 4.5). Το τελευταίο επικράτησε στην κοινωνία των Chironomidae και στο σταθμό Στ. 1 με ποσοστό 93% στη συνολική αφθονία της οικογένειας.

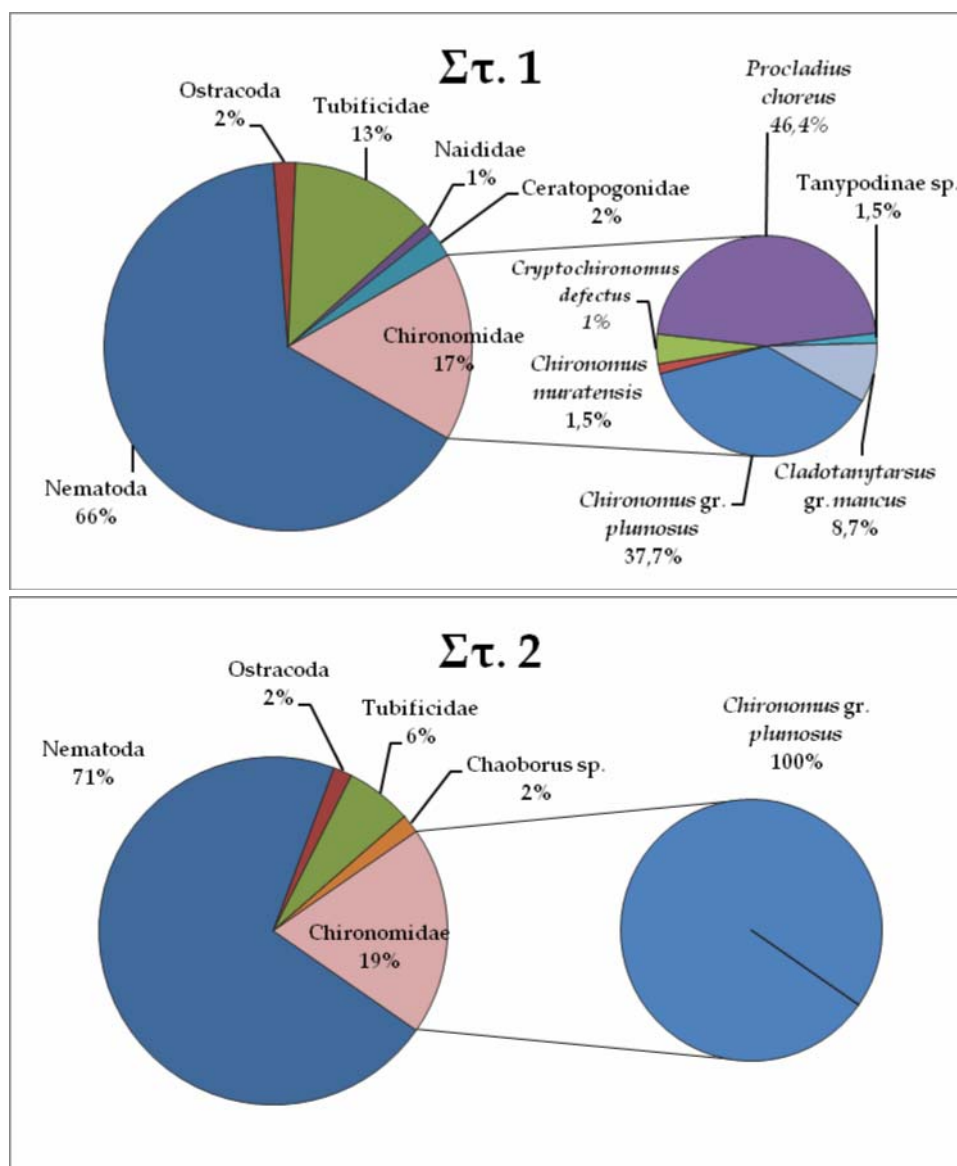


Εικόνα 4.5 Ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε taxon στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό το φθινόπωρο του 2007. Η σύνθεση της οικογένειας Chironomidae αναπαρίσταται αναλυτικά.

Χειμώνας

Το χειμώνα η μέση συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων από τους δύο σταθμούς είχε τιμή 10.388,9 ind/m² (Πίνακας 4.3). Συνολικά σημειώθηκαν 13 taxa, από τα οποία τα 11 είχαν παρουσία στο σταθμό Στ. 1, ενώ σχεδόν τα μισά (6) στο σταθμό Στ. 2 (Εικ. 4.2). Και στους δύο σταθμούς (Στ. 1 και Στ. 2) το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στη συνολική αφθονία εμφάνισαν τα Nematoda (65-71% αντίστοιχα) και ακολούθησαν τα Chironomidae (17-19% αντίστοιχα) (Εικ.4.6). Στο σταθμό Στ. 1 καταγράφηκαν περισσότεροι εκπρόσωποι της παραπάνω τάξης, με πιο άφθονο το είδος *Procladius choreus* (46,4% στη συνολική αφθονία των

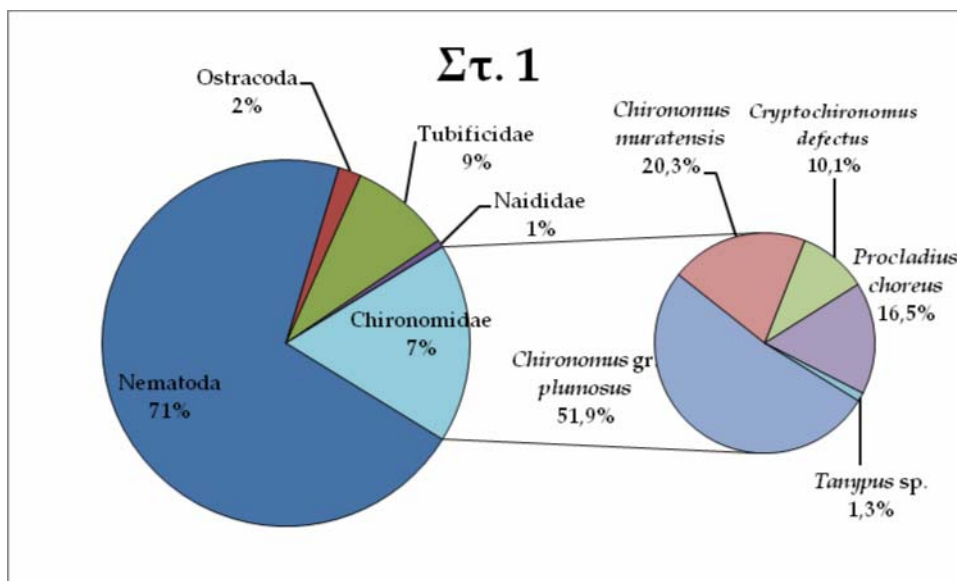
Chironomidae), ενώ στο σταθμό Στ. 2 το *Chironomus* gr. *plumosus* ήταν ο μοναδικός εκπρόσωπος της οικογένειας Chironomidae που βρέθηκε (Εικ. 4.2). Το είδος αυτό στο σταθμό Στ. 1 ήταν το αμέσως πιο άφθονο στην οικογένεια των Chironomidae (37,7%) μετά το *Procladius choreus*. Τα Ceratopogonidae καταγράφηκαν μόνο στο σταθμό Στ. 1, ενώ το *Chaoborus* sp. μόνο στο σταθμό Στ. 2. Όσον αφορά, τα Oligochaeta, η οικογένεια Tubificidae είχε ποσοστό συμμετοχής 13% στο σταθμό Στ. 1 και 6% στο σταθμό Στ. 2, ενώ η οικογένεια Naididae είχε πολύ μικρότερο ποσοστό συμμετοχής (1%) στη συνολική αφθονία του σταθμού Στ. 1 και δε βρέθηκε καθόλου στο σταθμό Στ. 2. (Εικ. 4.6).



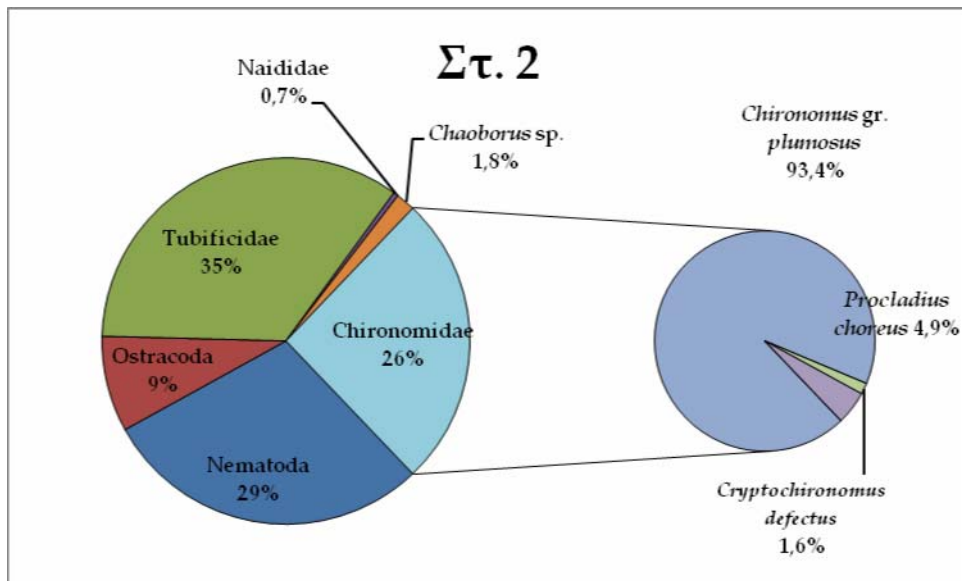
Εικόνα 4.6 Ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε taxon στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό το χειμώνα του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Η σύνθεση της οικογένειας Chironomidae αναπαρίσται αναλυτικά.

Άνοιξη

Την άνοιξη η μέση συνολική αφθονία από τους δύο σταθερούς σταθμούς Στ. 1 και Στ. 2 ήταν 8.433,3 ind/m² (Πίνακας 4.3). Συνολικά σημειώθηκαν 11 taxa, από τα οποία τα 10 καταγράφηκαν στο σταθμό Στ. 1 και τα 8 στο σταθμό Στ. 2 (Εικ. 4.2). Στο σταθμό Στ. 1 τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη συνολική αφθονία είχαν τα Nematoda (71%), (Εικ. 4.7), ενώ στο σταθμό Στ. 2 τα Tubificidae (35%) ακολουθούμενα από τα Nematoda (29%) (Εικ. 4.7). Η οικογένεια των Chironomidae είχε και στους 2 σταθμούς σχεδόν τα ίδια είδη, αλλά με διαφορετική ποσοστιαία συμμετοχή. Συγκεκριμένα, το *Chironomus* gr. *plumosus* και στους δύο σταθμούς κατείχε το υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής στην αφθονία της οικογένειας (93% και 52% αντίστοιχα στο Στ. 1 και Στ. 2), (Εικ. 4.7). Από τα Diptera επίσης σημειώθηκε και το είδος *Chaoborus* sp. μόνο στο σταθμό Στ. 2 (1,5%) (Εικ. 4.7). Όσον αφορά τα Oligochaeta, τα Tubificidae είχαν ποσοστό συμμετοχής (9% και 35% αντίστοιχα στο σταθμό Στ. 1 και Στ. 2), ενώ τα Naididae μόλις 1% και 0,7% αντίστοιχα (Εικ. 4.7).).



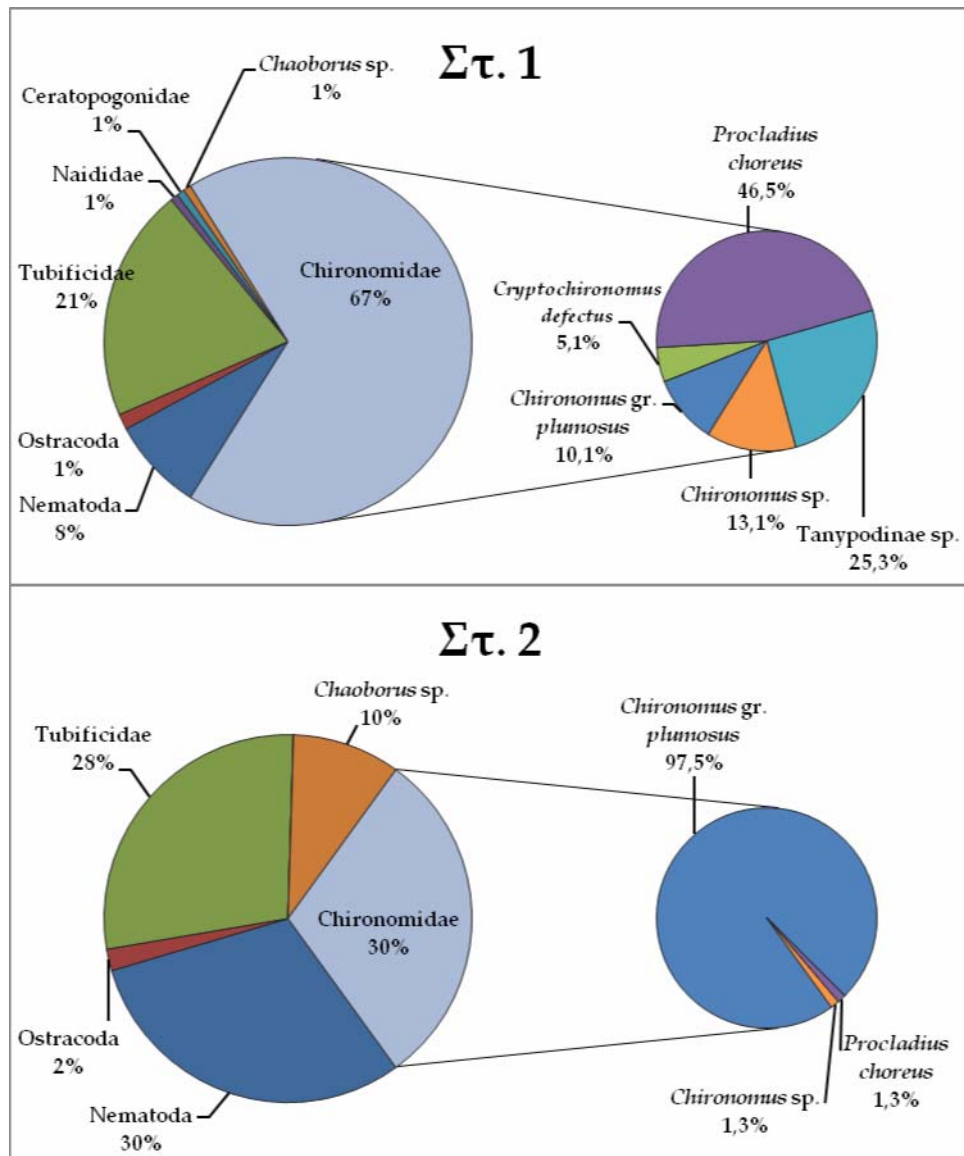
Εικόνα 4.7 Ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε taxon στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό (μόνο οι 2 σταθεροί σταθμοί) την άνοιξη του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Η σύνθεση της οικογένειας Chironomidae αναπαρίσταται αναλυτικά (συνεχίζεται)



Εικόνα 4.7 (ολοκληρώνεται)

Καλοκαίρι

Το καλοκαίρι η μέση συνολική αφθονία ήταν 4.577,8 ind/m² (Πίνακας 4.3). Συνολικά καταγράφηκαν 12 taxa. Στο σταθμό Στ. 1 καταγράφηκαν και τα 12, ενώ μόνο τα 7 στο σταθμό Στ. 2 (Εικ. 4.8). Τα Chironomidae κατείχαν το υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής (67%) στο σταθμό Στ. 1, ενώ και στο σταθμό Στ. 2 τα ίδια μαζί με τα Nematoda συνεισέφεραν σε μεγαλύτερο ποσοστό στη συνολική αφθονία με 30% το καθένα. Από την οικογένεια των Chironomidae στο σταθμό Στ. 1 βρέθηκαν περισσότερα είδη (5) με το *Procladius choreus* να έχει το υψηλότερο ποσοστό στη συνολική τους αφθονία (46,5%), ενώ στο σταθμό Στ. 2 σημειώθηκαν λιγότερα είδη (3) και στην αφθονία τους σχεδόν αποκλειστικά συνεισέφερε το *Chironomus gr. plumosus* (97,5%) (Εικ. 4.2.7). Στην αφθονία των Oligochaeta συνεισέφεραν σχεδόν αποκλειστικά (96,8%) στο σταθμό Στ. 1 και αποκλειστικά (100%) στο σταθμό Στ. 2 τα Tubificidae (Εικ. 4.2.7).



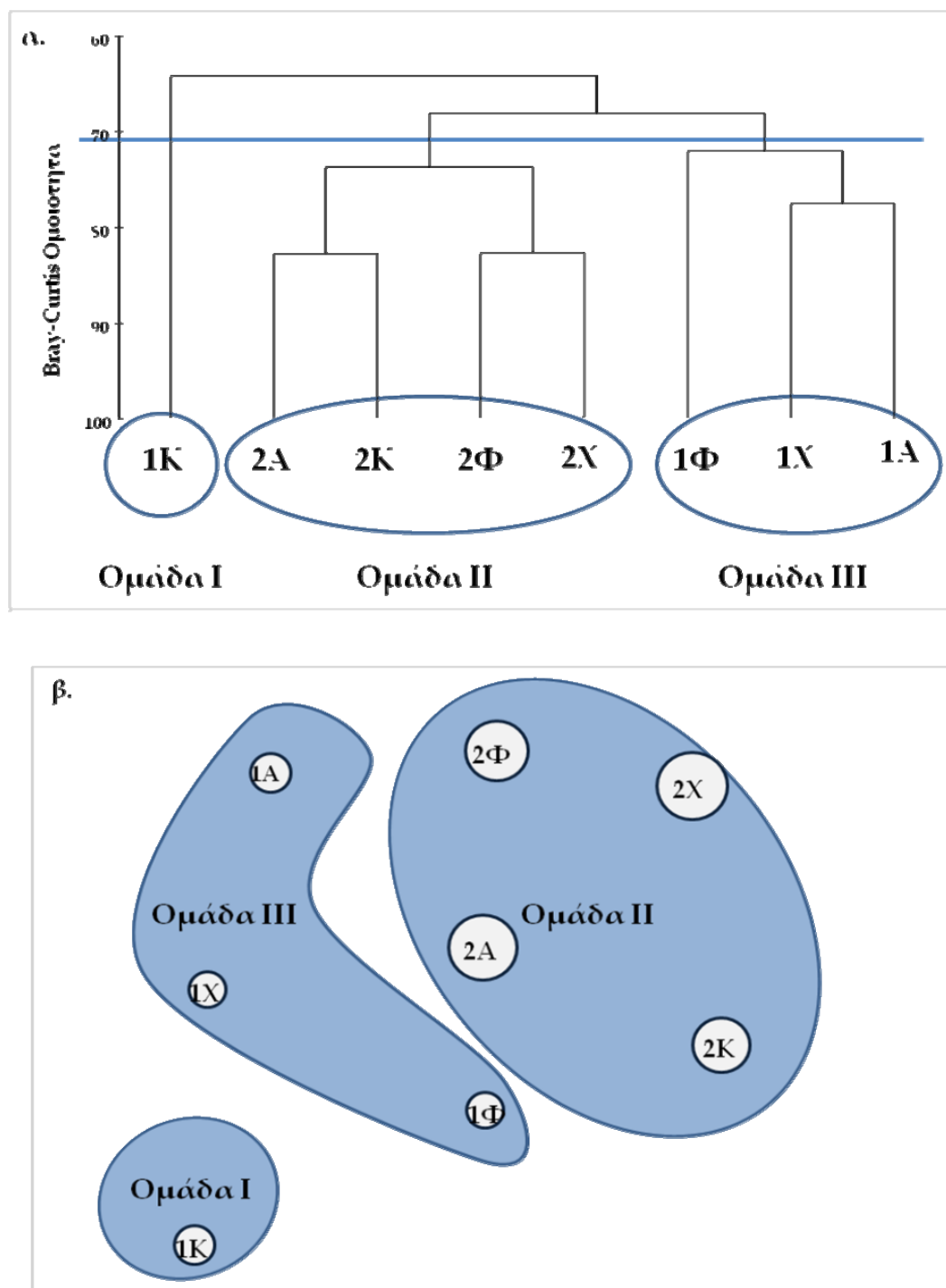
Εικόνα 4.8 Ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε taxon στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό το καλοκαίρι του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Η σύνθεση της οικογένειας Chironomidae αναπαρίσταιται αναλυτικά.

4.2.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση για τους δύο σταθμούς σε όλες τις εποχές

Η πολυμεταβλητή ανάλυση με βάση την αφθονία των taxa ανά σταθμό και ανά εποχή, χώρισε τα δείγματα των σταθμών σε τρεις ομάδες, σε επίπεδο σημαντικότητας 72% (Εικ. 4.2.9α). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δένδρογραμματος και της ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις (συντελεστής συμπίεσης 0,01) (Εικ. 4.2.9β) συμφωνούσαν, γεγονός που δείχνει την ικανοποιητική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Οι ομάδες των σταθμών που προέκυψαν από την πολυμεταβλητή ανάλυση ήταν οι εξής: η ομάδα I που περιλαμβάνει τα δείγματα του

σταθμού Στ. 1 από το καλοκαίρι, η ομάδα II η οποία αποτελείται από τα δείγματα του σταθμού Στ. 2 όλων των εποχών και η ομάδα III στην οποία περιλαμβάνονται τα δείγματα του σταθμού Στ. 1 εκτός του καλοκαιριού (Εικ. 4.2.9). Από την ανάλυση ομοιομορφίας (SIMPER analysis) (Πίνακας 4.5) φαίνεται ότι η ομαδοποίηση των δειγμάτων της ομάδας II (μέση ομοιομορφία 76,7%) οφείλεται κυρίως στο είδος *Chironomus* gr. *plumosus* (21,2%) και στα Tubificidae (20%), ενώ στην ομοιομορφία της ομάδας III (μέση ομοιομορφία 73,9%) συνεισέφεραν περισσότερο τα Nematoda spp.1 (19,7%) και τα Tubificidae (18,2%) (Πίνακας 4.5). Τα taxa που αντίστοιχα συνεισέφεραν περισσότερο στη διάκριση των ομάδων που προέκυψαν από την πολυμεταβλητή ανάλυση δίνονται στον Πίνακα 4.6. Στη διάκριση μεταξύ των ομάδων I και II συνεισέφερε περισσότερο το είδος Tanypodinae sp. (16,3%), μεταξύ των ομάδων II και III το *Chaoborus* sp. (18,4%) και μεταξύ των ομάδων I και III το *Chironomus* sp. (15,9%) (Πίνακας 4.6).



Εικόνα 4.9 Πολυμεταβλητή ανάλυση με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό και ανά εποχή, για το διάστημα φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. α. Ανάλυση δένδρογραμματος και β. ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις, όπου το μέγεθος του κύκλου με τον αριθμό του σταθμού (1: Στ.1, 2:Στ.2) αυξάνει με το βάθος. Φ: φθινόπωρο, Χ: χειμώνας, Α: άνοιξη και Κ: καλοκαίρι.

Πίνακας 4.5 Ανάλυση ποσοστιαίας ομοιότητας (SIMPER) για τις 2 από τις 3 ομάδες (που περιλάμβαναν >1 σταθμούς) της πολυμεταβλητής ανάλυσης, με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό και ανά εποχή, για το διάστημα φθινόπωρο 2007- καλοκαίρι 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Συμ.% Ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ.% Αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των taxa στην ομοιομορφία μέσα στις ομάδες. Οι ομάδες όπως στην Εικ. 4.9.

Ομάδα II (μέση ομοιομορφία 76,73)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	21,2	21,2
Tubificidae	20,0	41,2
Nematoda spp.1	19,6	60,9
<i>Chaoborus</i> sp.	14,5	75,4

Ομάδα III (μέση ομοιομορφία 73,87)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
Nematoda spp.1	19,7	19,7
Tubificidae	18,2	37,9
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	17,3	55,2
<i>Procladius</i> <i>choreus</i>	11,8	67,0

Πίνακας 4.6 Ανάλυση ποσοστιαίας ανομοιότητας (SIMPER) για τις 3 ομάδες της πολυμεταβλητής ανάλυσης με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό και ανά εποχή, για το διάστημα φθινόπωρο 2007- καλοκαίρι 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Συμ.%= ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ.%= αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των taxa στην ανομοιομορφία μεταξύ των ομάδων. Οι ομάδες όπως στην Εικ. 4.9.

Ομάδες I-II (μέση ανομοιομορφία 34,72)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
Tanypodinae sp.	16,3	16,3
<i>Procladius</i> <i>choreus</i>	13,0	29,3
<i>Chironomus</i> sp.	12,5	41,8
<i>Cryptochironomus</i> <i>defectus</i>	8,2	50,0
Diptera sp. (pupa)	8,11	58,09

Ομάδες II-III (μέση ανομοιομορφία 31,96)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Chaoborus</i> sp.	18,4	18,4
<i>Procladius</i> <i>choreus</i>	11,3	29,7
Nematoda spp.2	9,9	39,6
Ceratopogonidae	9,9	49,5
<i>Chironomus</i> <i>muratensis</i>	8,7	58,21

Ομάδες I-III (μέση ανομοιομορφία 33,26)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Chironomus</i> sp.	15,9	15,9
Tanypodinae sp.	15,1	31,0
Diptera sp. (pupa)	8,8	39,9
<i>Chaoborus</i> sp.	8,8	48,7
<i>Chironomus</i> <i>muratensis</i>	7,93	56,62

4.2.4 Δείκτες ποικιλότητας για τους δύο σταθμούς σε όλες τις εποχές

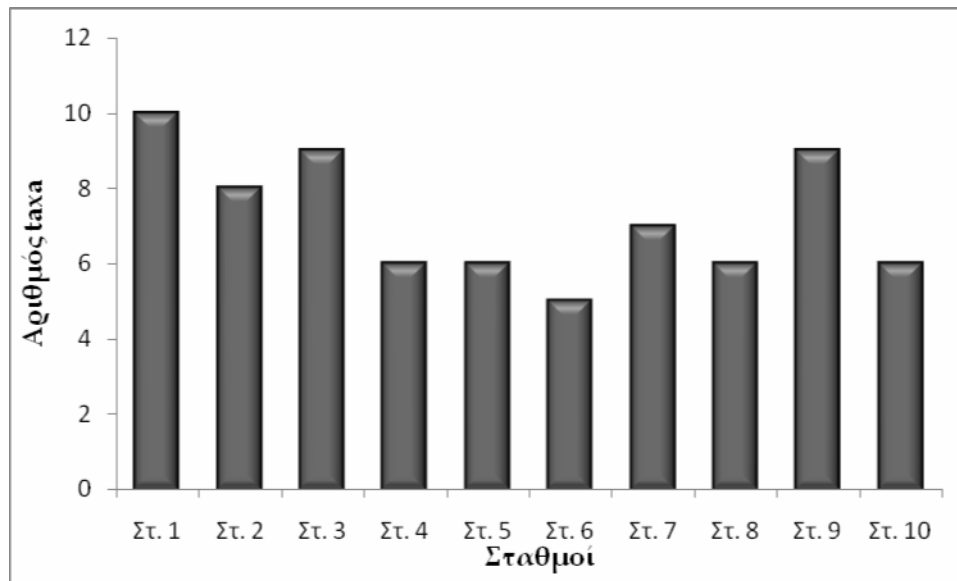
Ο δείκτης ποικιλότητας H' Shannon-Wiener έλαβε τιμές από 1,60 την άνοιξη στο σταθμό Στ. 1 ως 2,75 το καλοκαίρι στο σταθμό Στ. 1, ενώ οι τιμές του δείκτη ομοιοκατανομής J' Pielou κυμάνθηκαν από 0,48 την άνοιξη στο σταθμό Στ. 1 μέχρι 0,77 το φθινόπωρο και το καλοκαίρι στο σταθμό Στ. 1 (Πίνακας 4.7).

Πίνακας 4.7 Τιμές του δείκτη ποικιλότητας H' Shannon-Wiener και ομοιοκατανομής J' Pielou, ανά σταθμό και ανά εποχή, για τα βενθικά ασπόνδυλα, κατά το διάστημα φθινόπωρο 2007-καλοκαίρι 2008, στη λίμνη Δοϊράνη.

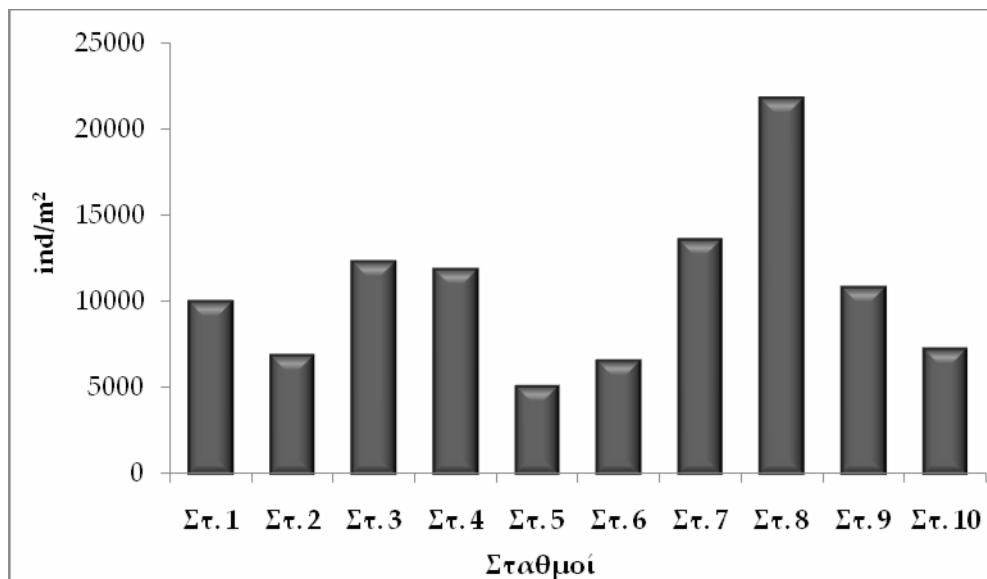
	H'		J'	
	Στ. 1	Στ. 2	Στ. 1	Στ. 2
φθινόπωρο	2,15	2,33	0,77	0,70
χειμώνας	1,80	1,72	0,52	0,61
άνοιξη	1,60	2,09	0,48	0,70
καλοκαίρι	2,75	2,05	0,77	0,73

4.2.5. Συμπληρωματική δειγματοληψία άνοιξης 2008

Την άνοιξη, όπως ήδη αναφέρθηκε και στη μεθοδολογία, έγινε δειγματοληψία σε οκτώ επιπλέον σταθμούς (Εικ. 3.1). Τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη συνέχεια αφορούν και τους δέκα σταθμούς (δύο σταθεροί και οκτώ συμπληρωματικοί). Συνολικά βρέθηκαν 14 taxa, ενώ τα περισσότερα (10) βρέθηκαν στο σταθμό Στ. 1 και τα λιγότερα (5) στο σταθμό Στ. 6 (Εικ. 4.10). Η συνολική αφθονία κυμάνθηκε από 5.111 ind/m² στο σταθμό Στ. 4 μέχρι 21.800 ind/m² στο σταθμό Στ. 8 (Εικ. 4.11). Η μέση συνολική αφθονία και από τους 10 σταθμούς την άνοιξη ήταν 10.626,7 ind/m². Γενικά, τα Nematoda ήταν η πιο άφθονη ομάδα με ποσοστό συμμετοχής 72,6% στη μέση συνολική αφθονία, ακολούθησαν τα Diptera με 16,9%, τα οποία εκπροσωπούσαν σχεδόν αποκλειστικά από τα Chironomidae (97 %). Τα Oligochaeta είχαν ποσοστό συμμετοχής 8,6%, ενώ τα Ostracoda μόλις 1,9%.



Εικόνα 4.10 Αριθμός taxa βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό την άνοιξη του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη.

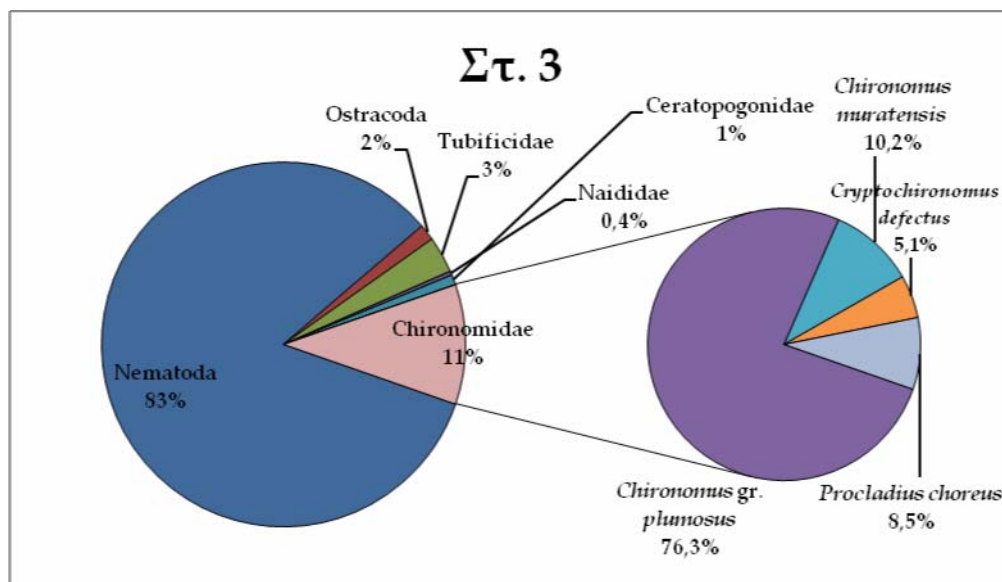


Εικόνα 4.11 Συνολική αφθονία (ind/m²) των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό την άνοιξη του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη.

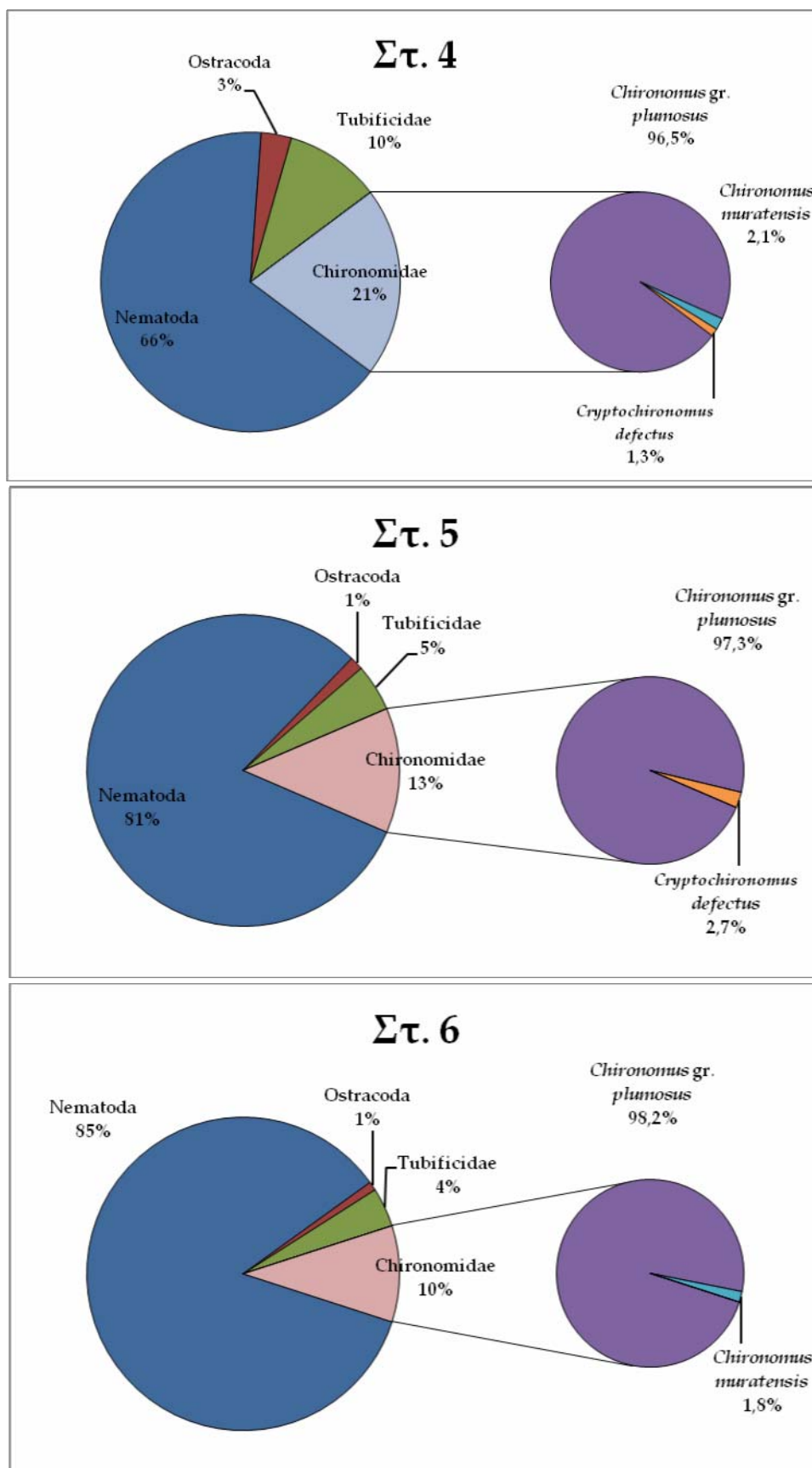
Αναλυτικά, η σύνθεση της βενθικής κοινωνίας στους οκτώ συμπληρωματικούς σταθμούς δειγματοληψίας φαίνεται στην εικόνα 4.12 (δεν απεικονίζονται οι σταθμοί Στ. 1 και Στ. 2 που έχουν ήδη δοθεί στην εικόνα 4.7). Σε όλους τους σταθμούς τα Nematoda ήταν αυτά που συνεισέφεραν με μεγαλύτερο ποσοστό στη συνολική αφθονία (από 66% στο Στ. 4 μέχρι 85% στο Στ. 6), με εξαίρεση το σταθμό Στ. 2 (29%) (Εικ. 4.7, 4.12). Ακολούθησαν τα Chironomidae με ποσοστά συμμετοχής από 7% (Στ. 1) μέχρι 26% (Στ. 2). Από αυτά, το είδος με την υψηλότερη συμμετοχή στην

αφθονία των Chironomidae ήταν το *Chironomus* gr. *plumosus* με ποσοστά συμμετοχής από 51,9% (Στ. 1) μέχρι 98,9% (Στ. 8). Ακολούθησε το *Chironomus muratensis* με ποσοστά συμμετοχής από 1,1% (Στ. 8) μέχρι 20,8% (Στ. 1). Επιπλέον, καταγράφηκαν με χαμηλότερα ποσοστά και τα είδη *Procladius choreus* (από 3,2% στο Στ. 9 μέχρι και 16,5% στο Στ. 1), *Cryptochironomus defectus* (1,4% στο Στ. 4 ως και 10,1% στο Στ. 1) και *Tanytarsus* sp. (1,3% στο Στ. 1). Όσον αφορά τους άλλους εκπροσώπους της τάξης των Diptera, σημειώθηκε η παρουσία των προνυμφών (larvae) και νυμφών (pupae) του *Chaoborus* sp. με ποσοστό συμμετοχής 1,3% στους σταθμούς Στ. 5 και Στ. 9, καθώς και με ποσοστά συμμετοχής <1% οι προνύμφες των οικογενειών Ceratopogonidae (Στ. 1, Στ. 9 και Στ. 10), Culicidae (Στ. 9) και Tipulidae (Στ. 8) (Εικ. 4.12).

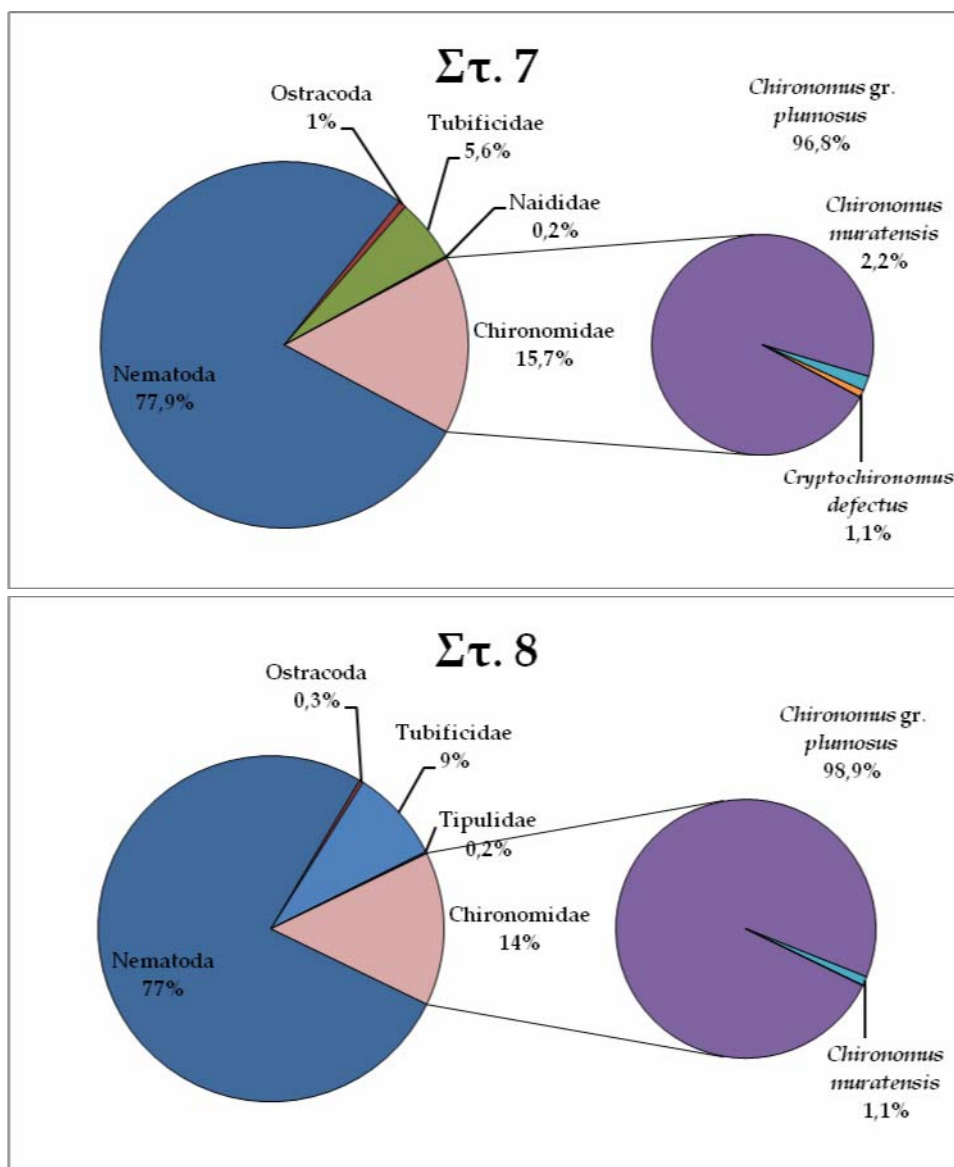
Τα Oligochaeta ήταν σχεδόν αποκλειστικά της οικογένειας Tubificidae με ποσοστά συμμετοχής στη συνολική αφθονία της κλάσης > 90%. Τα Naididae είχαν μικρότερη παρουσία με ποσοστά συμμετοχής <10%. Όσον αφορά τα Ostracoda, αυτά ήταν πάντα παρόντα στα δείγματα και είχαν ποσοστά συμμετοχής από 0,3% (Στ. 8) μέχρι 9% (Στ. 2) (Εικ. 4.7, Εικ. 4.12).



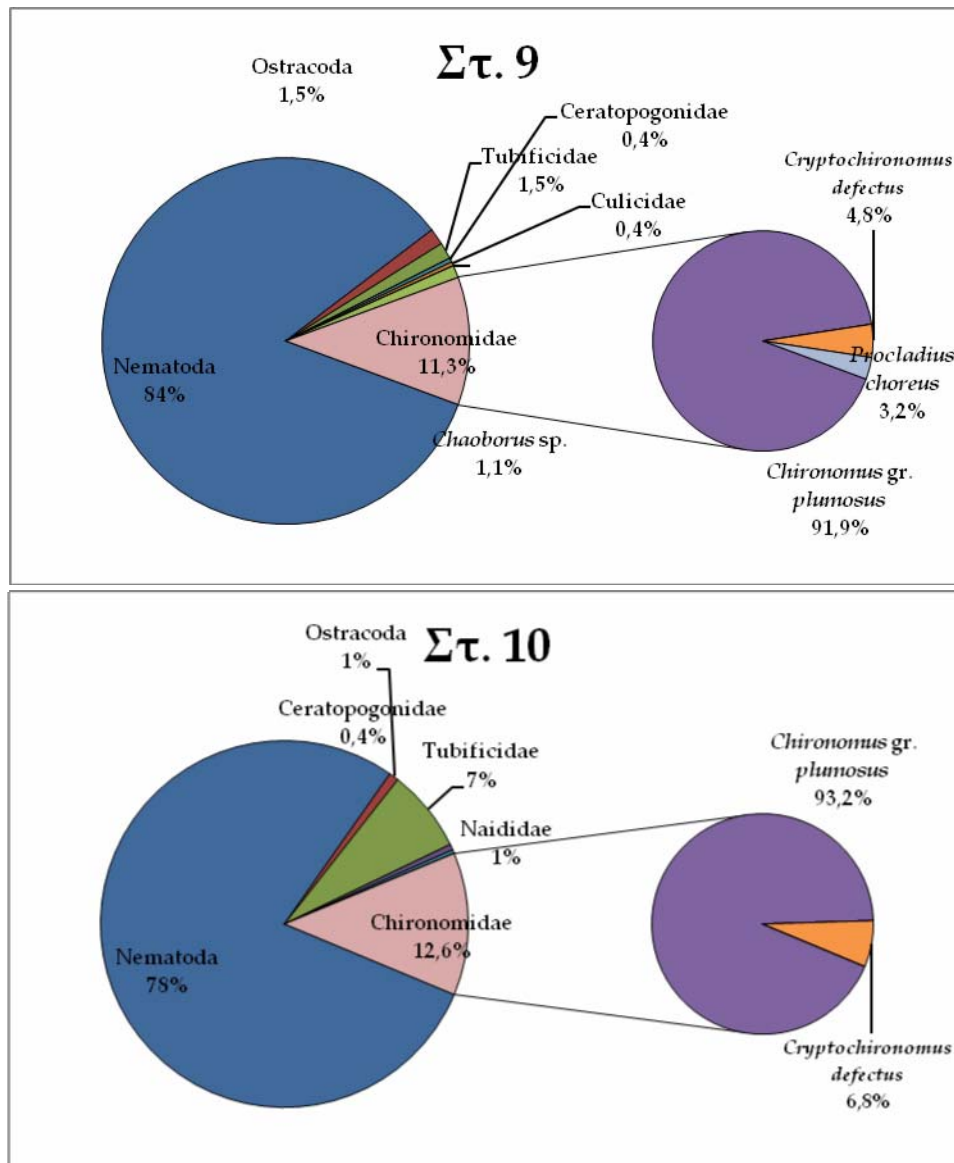
Εικόνα 4.12 Ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε taxon στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό (για τους 8 επιπρόσθετους σταθμούς) την άνοιξη του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. Η σύνθεση της οικογένειας Chironomidae αναπαρίσταται αναλυτικά. (συνεχίζεται)



Εικόνα 4.12 (συνέχεια)



Εικόνα 4.12 (συνέχεια)



Εικόνα 4.12 (ολοκληρώνεται).

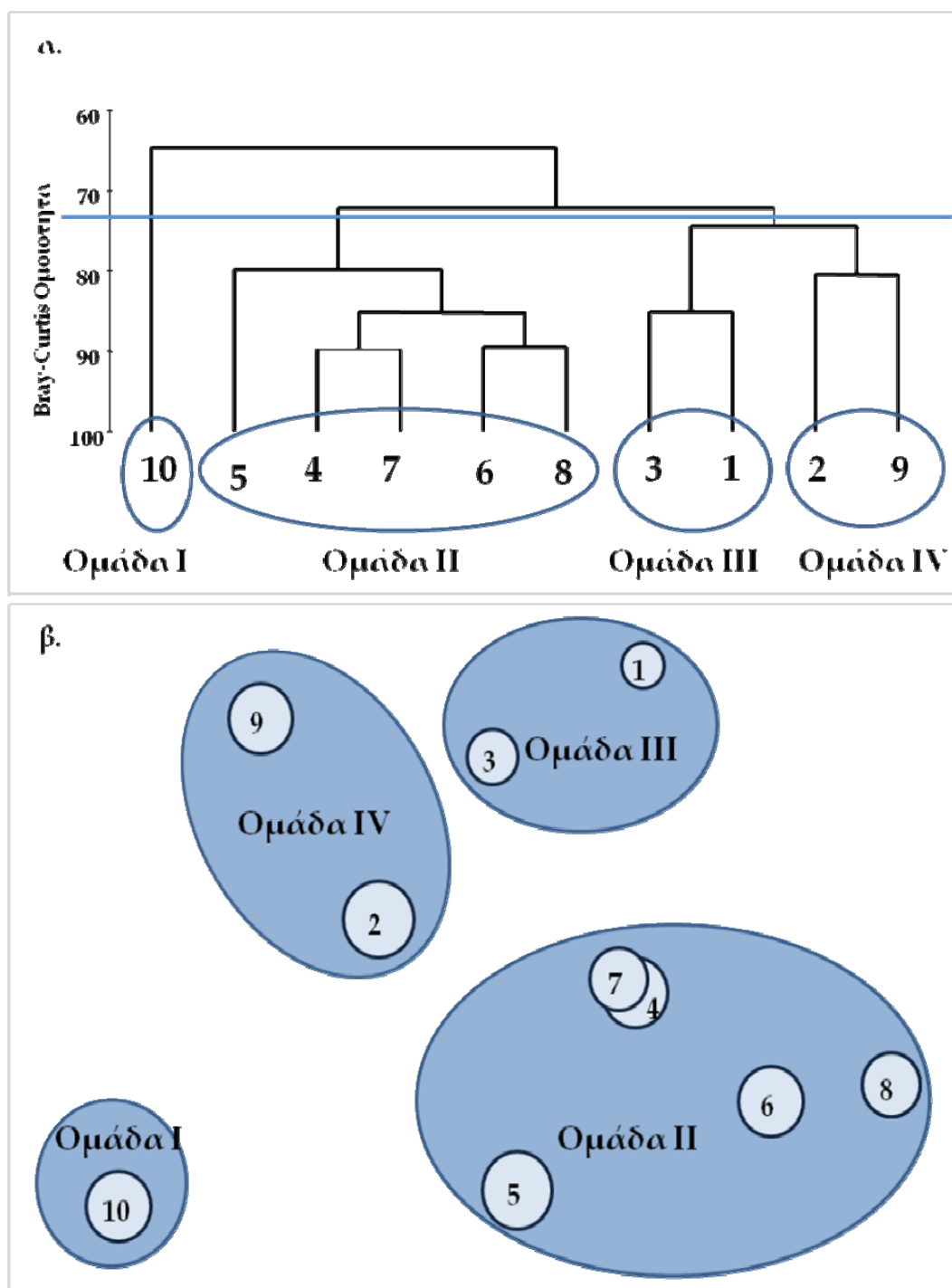
4.2.6 Πολυμεταβλητή ανάλυση για τους σταθμούς της άνοιξης

Η πολυμεταβλητή ανάλυση με βάση την αφθονία των taxa ανά σταθμό, χώρισε τους σταθμούς της άνοιξης σε 4 ομάδες, με ποσοστό ομοιότητας 73% (Εικ. 4.13α). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δένδρογραμματος και της ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις (συντελεστής συμπίεσης 0,04) (Εικ. 4.13β) συμφωνούσαν, γεγονός που δείχνει την ικανοποιητική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Οι ομάδες που προέκυψαν από την πολυμεταβλητή ανάλυση ήταν οι εξής: η ομάδα I που περιλαμβάνει τα δείγματα από έναν μόνο σταθμό, το Στ. 10, η ομάδα II η οποία αποτελείται από τα δείγματα των σταθμών Στ. 2 και Στ. 9, η ομάδα III στην οποία περιλαμβάνονται τα δείγματα των

σταθμών Στ. 3 και Στ. 1 και τέλος η ομάδα IV που είναι η πιο πολυπληθής ομάδα και περιλαμβάνει τα δείγματα από 5 σταθμούς, τους Στ. 4, Στ. 5, Στ. 6, Στ. 7 και Στ. 8 (Εικ. 4.13).

Από την ανάλυση ομοιομορφίας (SIMPER analysis) (Πίνακας 4.8) φαίνεται πως στην ομοιομορφία όλων των ομάδων συνεισέφεραν περισσότερο τα ίδια taxa, και ειδικότερα τα εξής: *Nematoda* spp.1, το είδος *Chironomus* gr. *plumosus*, τα Tubificidae και τα Ostracoda (Πίνακας 4.8). Τα taxa που αντίστοιχα συνεισέφεραν περισσότερο στην ανομοιομορφία ανάμεσα στις ομάδες φαίνονται στον Πίνακα 4.9. Στη διάκριση μεταξύ των ομάδων I και II, I και III και I και IV συνεισέφεραν περισσότερο τα *Nematoda* spp.1 (30,7%, 33,4 και 36,1 αντίστοιχα) (Πίνακας 4.9). Η διάκριση μεταξύ των ομάδων II και III οφείλεται κυρίως στο είδος *Chironomus muratensis* (25,5%), μεταξύ των ομάδων II και IV στο *Chaoborus* sp. και μεταξύ των ομάδων III και IV κυρίως στο *Procladius choreus* (23,0%) (Πίνακας 4.9).



Εικόνα 4.13 Πολυμεταβλητή ανάλυση με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπονδύλων ανά σταθμό, την άνοιξη του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη. α. Ανάλυση δένδρογράμματος και β. ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις, όπου το μέγεθος του κύκλου υποδηλώνει το βάθος του σταθμού.

Πίνακας 4.8 Ανάλυση ποσοστιαίας ομοιότητας (SIMPER) για τις 3 από τις 4 ομάδες (που περιλάμβαναν >1 σταθμούς) της πολυμεταβλητής ανάλυσης, με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπόνδυλων, την άνοιξη του 2008. Συμ.% Ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ.% Αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των taxa στην ομοιομορφία μέσα στις ομάδες. Οι ομάδες όπως στην Εικ. 4.13.

	Ομάδα II		Ομάδα III		Ομάδα IV	
μέση ομοιομορφία	80,46		85,02		83,94	
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%	Συμ.%	Αθρ.%	Συμ.%	Αθρ.%
Nematoda spp.1	20,2	20,2	19,9	19,9	28,5	28,5
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	19,7	39,9	15,3	35,2	24,9	53,4
Tubificidae	14,3	54,2	13,5	48,7	21,9	75,3
Ostracoda	14,3	68,4	11,7	60,3	14,8	90,1

Πίνακας 4.9 Ανάλυση ποσοστιαίας ανομοιότητας (SIMPER) για τις 4 ομάδες της πολυμεταβλητής ανάλυσης, με βάση την αφθονία των taxa των βενθικών ασπόνδυλων, την άνοιξη του 2008. Συμ.%= ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ.%= αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των taxa στην ανομοιομορφία μεταξύ των ομάδων. Οι ομάδες όπως στην Εικ. 4.13.

Ομάδες I-II (μέση ανομοιομορφία 34,72)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
Nematoda spp.1	30,7	30,7
<i>Chaoborus</i> sp.	17,6	48,4
<i>Procladius choreus</i>	15,1	63,4
Naididae	9,8	73,2

Ομάδες II-III (μέση ανομοιομορφία 25,50)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Chironomus muratensis</i>	21,6	21,6
<i>Chaoborus</i> sp.	18,9	40,6
Naididae	9,7	50,2
Ceratopogonidae	9,6	59,8

Ομάδες I-III (μέση ανομοιομορφία 32,33)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
Nematoda spp.1	33,4	33,4
<i>Chironomus muratensis</i>	19,8	53,2
<i>Procladius choreus</i>	19,1	72,3
Ceratopogonidae	8,5	80,8

Ομάδες II-IV (μέση ανομοιομορφία 29,68)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Chaoborus</i> sp.	19,8	19,8
<i>Procladius choreus</i>	16,9	36,7
<i>Chironomus muratensis</i>	12,0	48,7
Ceratopogonidae	7,8	56,6

Ομάδες I-IV (μέση ανομοιομορφία 36,73)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
Nematoda spp.1	36,1	36,1
Ceratopogonidae	15,6	51,7
Naididae	14,8	66,5
<i>Chironomus muratensis</i>	11,6	78,1

Ομάδες III-IV (μέση ανομοιομορφία 25,88)		
Taxon	Συμ.%	Αθρ.%
<i>Procladius choreus</i>	23,0	23,0
Naididae	15,1	38,0
<i>Cryptochironomus defectus</i>	11,4	49,5
<i>Chironomus muratensis</i>	11,2	60,7

4.2.7 Δείκτες ποικιλότητας για τους σταθμούς της άνοιξης

Οι δείκτες ποικιλότητας εμφάνισαν παρόμοιες διακυμάνσεις (Πίνακας 4.10). Ο δείκτης H' κυμάνθηκε από 0,77 για το σταθμό Στ. 8, μέχρι 2,09 για το σταθμό Στ. 2, ενώ ο δείκτης J' από 0,30 για το σταθμό Στ. 8 μέχρι 0,70 για το σταθμό Στ. 2 (Πίνακας 4.10)

Πίνακας 4.10 Τιμές του δείκτη ποικιλότητας H' Shannon-Wiener και ομοιοκατανομής J' Pielou, ανά σταθμό για τα βενθικά ασπόνδυλα, κατά τη δειγματοληψία της άνοιξης του 2008, στη λίμνη Δοϊράνη.

	H'	J'
Στ. 1	1,60	0,48
Στ. 2	2,09	0,70
Στ. 3	1,02	0,32
Στ. 4	1,69	0,65
Στ. 5	1,68	0,65
Στ. 6	1,19	0,51
Στ. 7	1,01	0,36
Στ. 8	0,77	0,30
Στ. 9	1,01	0,32
Στ. 10	1,60	0,62

5. Συζήτηση

Η παρουσία όλων των ειδών που βρέθηκαν στην παρούσα έρευνα έχει αναφερθεί ξανά σε άλλες λίμνες της Ελλάδας. Εξαίρεση αποτελεί η καταγραφή της παρουσίας του είδους *Chironomus muratensis*. Το είδος αυτό δεν έχει αναφερθεί ούτε στη Π.Γ.Δ.Μ., αλλά απαντά σε λίμνες άλλων γειτονικών χωρών, όπως της Βουλγαρίας (Saether & Spies 2004). Η παρουσία του είδους *Cryptochironomus defectus* έχει αναφερθεί ξανά στη λίμνη Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993) (Πίνακας 5.1). Γενικότερα, το γένος αυτό απαντά και στη Μεσόγειο (Laville & Reiss 1992) και στη Π.Γ.Δ.Μ. (Saether & Spies 2004). Το είδος *Cryptochironomus defectus* αναφέρεται ως ένα από τα πιο άφθονα είδη της παραλιακής ζώνης της λίμνης Κονάδα στην Τουρκία (Arslan & Sahin 2006). Το είδος *Cladotanytarsus* gr. *manicus* έχει αναφερθεί στην Ελλάδα ξανά, στη λίμνη Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993), το είδος *Procladius choreus* έχει σημειωθεί επίσης στην Παμβώτιδα (Kagalou et al. 2006) και το γένος *Tanypus* και συγκεκριμένα το *Tanypus punctipennis* αναφέρθηκε στις λίμνες Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993) και Μικρή Πρέσπα (Petridis & Sinis 1995) (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.1 Παρουσία των ειδών Chironomidae που βρέθηκαν στην παρούσα έρευνα στη Δοϊράνη (και αναγνωρίστηκαν τουλάχιστον σε επίπεδο γένους) στις λίμνες Βόλβη (Οικονομίδης 1991), Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993), Μικρή Πρέσπα (Petridis & Sinis 1995) και Παμβώτιδα (Kagalou et al. 2006).

Είδος / λίμνη	Βόλβη	Μ.Πρέσπα	Ταυρωπού	Παμβώτιδα	Δοϊράνη
<i>Chironomus plumosus</i>	+	+		+	
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>			+		+
<i>Chironomus muratensis</i>					+
<i>Chironomus</i> sp. 1			+		
<i>Chironomus</i> sp. 2					+
<i>Cryptochironomus defectus</i>			+		+
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>manicus</i>			+		+
<i>Procladius</i> (<i>Holotanypus</i>) <i>choreus</i>				+	
<i>Procladius</i> gr. (<i>Holotanypus</i>)		+	+		
<i>Procladius</i> sp.	+				
<i>Tanypus</i> sp.					+
<i>Tanypus punctipennis</i>		+	+		

Όσον αφορά το *Chironomus plumosus* έχει αναφερθεί και στις λίμνες Βόλβη (Οικονομίδης 1991), Μικρή Πρέσπα (Petridis & Sinis 1995), Ταυρωπού (Petridis & Sinis 1993) και Παμβώτιδα (Kagalou et al. 2006) (Πίνακας 5.1). Στην παρούσα έρευνα δεν καταγράφηκε η παρουσία του συγκεκριμένου είδους της ομάδας *plumosus* που απαντά στη Δοϊράνη. Ειδικότερα, πιθανολογείται η παρουσία ενός ή δύο ειδών που ανήκουν στην ομάδα *Chironomus plumosus*. Πρόκειται για ένα κοσμοπολίτικο είδος, το οποίο απαντά στη βαθιά ζώνη λιμνών σε όλο τον κόσμο και έχει μεγάλη αντοχή σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η συστηματική του γένους *Chironomus* είναι δύσκολη και συγκεχυμένη, ενώ με βάση μόνο τα μορφολογικά χαρακτηριστικά για ορισμένα είδη είναι αδύνατη η αναγνώριση τους στο στάδιο της προνύμφης (Michailova 2000) και πιθανόν να είναι και λανθασμένη. Για την αναγνώριση των ειδών αυτού του γένους γενικά χρησιμοποιούνται τα πολυταινικά χρωμοσώματα (π.χ Michailova et al. 2003). Σύμφωνα με έρευνα που βασίζεται στη μέθοδο αυτή, στη Δοϊράνη φαίνεται να υπάρχει το *Chironomus gr. thummi* αν και παρουσιάζει ομοιότητες με το *Chironomus gr. plumosus* (Michailova & Smilkov 2000). Είναι προφανές ότι χρειάζεται και η χρήση των πολυταινικών χρωμοσωμάτων για την ταυτοποίηση των ειδών *Chironomus* στη Δοϊράνη και επειδή στην παρούσα έρευνα η αναγνώριση βασίστηκε μόνο σε μορφολογικά κριτήρια η παρουσία των ειδών *Chironomus gr. plumosus* και *Chironomus muratensis* δίνεται με επιφύλαξη.

Όσον αφορά το είδος *Chaoborus* sp., οι προνύμφες του εμφάνισαν τη χαμηλότερη τιμή τους την άνοιξη. Χαμηλές τιμές *Chaoborus* και στο ίζημα της λίμνης Βόλβης την άνοιξη αναφέρονται και από τον Οικονομίδη (1991) και αποδίδονται στο γεγονός ότι συμβαίνει η μεταμόρφωσή τους σε νύμφες και η ανάδυσή τους εκείνη την εποχή.

Από τα είδη που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα τέσσερα, τα: *Chironomus gr. plumosus*, *Cryptochironomus defectus*, *Procladius choreus* και το *Chaoborus* sp. χαρακτηρίζονται ως ανθεκτικά σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου και σε ρυπασμένα νερά (και σε οργανική ρύπανση), ή ανθεκτικά σε εύτροφες συνθήκες (Margaritora et al. 2002, O'Toole et al. 2008). Επίσης, ορισμένα είδη Tubificidae (π.χ. *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*) επικρατούν σε εύτροφα συστήματα (Kagalou et al. 2006). Αλλά και τα γένη *Cladotanytarsus* και *Tanytus* έχουν μέτριο βαθμό ανθεκτικότητας (Verneaux et al. 2004 και οι εκεί αναφορές). Σύμφωνα με την έρευνα των Brodersen & Lindergaard (1999) σε 42 λίμνες της Δανίας, η

παρουσία του είδους *Chironomus* gr. *plumosus* σημειώνεται σε εύτροφες λίμνες, ενώ του γένους *Procladius* σε υπερεύτροφες.

Τα Chironominae που θεωρούνται είδη ανθεκτικά στη ρύπανση και από αυτά τα Chironomini, που είναι είδη που μαζί με τα Oligochaeta, επικρατούν σε εύτροφες λίμνες (Marziali et al. 2008), είχαν σχεδόν την αποκλειστική συμμετοχή στην οικογένεια Chironomidae. Αντίθετα, δε βρέθηκαν καθόλου είδη Orthoclaadiinae (υποοικογένεια των Chironomidae) που είναι χαρακτηριστικά είδη καλά οξυγονωμένων νερών (Armitage et al. 1995, από Moss et al. 2003).

Γενικά, οι συνολικές τιμές αφθονίας που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα (Πίνακας 4.4) κυμάνθηκαν στα ίδια περίπου επίπεδα με αυτές που βρέθηκαν στις επίσης εύτροφες λίμνες Παμβώτιδα (Kagalou et al. 2006) και Κερκίνη (Μπόμπορη & Σαλβαρίνα 2008). Στην παρούσα έρευνα οι ομάδες που συνεισέφεραν περισσότερο στη συνολική αφθονία ήταν τα Nematoda σε αντίθεση με την Παμβώτιδα όπου την υψηλότερη συμμετοχή (περίπου 80%) έχουν τα Oligochaeta (Kagalou et al. 2006). Αλλά και στη Μικρή Πρέσπα τα Oligochaeta είναι αυτά με την υψηλότερη συμμετοχή στη συνολική αφθονία των βενθικών ασπονδύλων (Petridis & Sinis 1995). Στην Κερκίνη (Μπόμπορη & Σαλβαρίνα 2008), όπου σημειώνεται ότι τα δείγματα βενθικών μακροασπονδύλων διαχωρίστηκαν και συλλέχθηκαν από το ίζημα με χρήση κόσκινου μικρότερου διαμετρήματος πόρων, οι ομάδες που επικρατούν στη συνολική βενθική αφθονία είναι τα Nematoda, ακολουθούν τα Ostracoda, τα Chironomidae και τα Oligochaeta.

Όσον αφορά στη λίμνη Δοϊράνη και τις βενθικές της κοινωνίες στο παρελθόν, στον πίνακα 5.2 παραθέτονται τιμές αφθονίας για βενθικούς οργανισμούς από τη βιβλιογραφία, που αφορούν το τμήμα της λίμνης Δοϊράνης που ανήκει στη Π.Γ.Δ.Μ. Παρατηρείται, ότι οι τιμές της αφθονίας των Ostracoda, Diptera και Oligochaeta που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκαν στα επίπεδα αυτών που αναφέρονται στην περίοδο 1962-1967, ενώ μεγάλες διαφορές προκύπτουν από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με την πιο πρόσφατη αναφορά των Griffiths et al. (2002). Ειδικότερα, η μεγάλη διαφορά στην αφθονία των Ostracoda θα μπορούσε να αποδοθεί στη διαφορετική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε (κόσκινο μικρότερου διαμετρήματος στην περίπτωση της έρευνας των Griffiths et al. (2002)). Το ίδιο όμως δε φαίνεται να ισχύει για τα επίσης μικρόσωμα Nematoda. Πιθανόν, οι

διαφορές στις αφθονίες μεταξύ της παρούσας έρευνας και εκείνης των Griffiths et al. (2002) να οφείλονται στο γεγονός ότι οι τελευταίοι έλαβαν δείγματα τόσο από βαθιά όσο και από παραλιακά σημεία της λίμνης.

Πίνακας 5.2 Μέση τιμή αφθονίας (ind/m²) βενθικών ασπονδύλων στη λίμνη Δοϊράνη, σύμφωνα με παλαιότερες έρευνες και την παρούσα έρευνα. Πίνακας τροποποιημένος από Griffiths et al. 2002 (δεδομένα: 1962-1967: από Sapkarev 1975a, 975b, 1998: Griffiths et al. 2002). Σημείωση: οι Griffiths et al. (2002) χρησιμοποίησαν κόσκινο με άνοιγμα πόρου 120 μ m και τα δείγματα λήφθηκαν τόσο από παραλιακά όσο και βαθιά σημεία.

Taxon	1962	1963	1964	1965	1967	1998	2007-2008
Ostracoda	119,0		1,7	34,2	22,2	3711,0	169,4
Amphipoda	4,0	12,6				105,0	
Isopoda	43,7	23,5	11,4	15,1		15,0	
Diptera-Nematocera	2097,2	2803,6	1930,5	1008,8	2286,1	499,0	1861,1
Acari	0,2					2,5	
Gastropoda	5,9	5,9		0,7		2,5	
Bivalvia	36,0	11,6	73,0	55,0	3,7	4,0	
Oligochaeta	1337,4	989,5	758,1	1220,6	1875,9	847,5	1169,4
Nematoda	371,9	279,0	189,8	95,2	329,3	1820,0	3525,0
Hydrozoa						99,8	
Hirudinea	2,1	2,8	0,6	0,4	3,7	12,5	

Η σύνθεση της βενθικής κοινωνίας επηρεάζεται από παράγοντες όπως το βάθος, το υπόστρωμα, τα τροφικά αποθέματα, το οξυγόνο κτλ. Σημαντικός παράγοντας για το ποια είδη θα βρεθούν σε μια περιοχή είναι η προέλευση της διαθέσιμης τροφής και μάλιστα ο λόγος της αλλόχθονης (θρύμματα) και αυτόχθονης (φυτοπλαγκτό) τροφής που προσλαμβάνουν αυτά (Prat et al. 1992). Έτσι στη βαθιά ζώνη λιμνών κυριαρχούν περισσότερο σαρκοφάγα και θρυμματοφάγα είδη (π.χ. Nematoda, Oligochaeta), ενώ στη ρηχή φυτοπλαγκτοφάγα (π.χ. Chironomus). Παρόλα αυτά, στη Δοϊράνη επειδή δεν υπάρχει μεγάλη διαβάθμιση στο βάθος δεν είναι ιδιαίτερα έντονες οι διαφορές. Ειδικά η αναλογία των ειδών που ανήκουν στα γένη *Procladius* και *Chironomus* δίνουν πληροφορίες για το τροφικό πλέγμα στη λίμνη (Prat et al. 1992). Η αφθονία αλλόχθονων τροφικών αποθεμάτων εξηγεί την αφθονία μικρόσωμων σαρκοφάγων ειδών όπως το *Procladius*, που ευνοείται επίσης και από τον υψηλό ρυθμό ιζηματοποίησης (Prat et al. 1992). Σύμφωνα με τους Bazzanti & Seminara (1987) η αύξηση της αφθονίας του γένους αυτού συνδέεται με την αύξηση του οργανικού εμπλουτισμού του ιζήματος. Γενικώς όμως δεν θεωρείται καλός δείκτης, επειδή λόγω της ευρυτοπικότητας και της ικανότητας να

μετακινείται αρκετά, μπορεί να αποφεύγει τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου και έτσι να καταγράφεται σε ρυπασμένα ή εύτροφα νερά (Bazzanti & Seminara 1987 και οι εκεί αναφορές).

Σύμφωνα με τους Tolonen et al. (2001) η δομή του υποστρώματος παίζει σημαντικότερο ρόλο στη σύνθεση των βενθικών κοινωνιών, παρά ο βαθμός τροφισμού των νερών. Αντίθετα, οι White & Irvine (2003) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι φυσικές, χημικές και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι έχουν μεγαλύτερη επίπτωση στη σύνθεση των βενθικών κοινωνιών παρά το είδος του υποστρώματος.

Στην παρούσα έρευνα εντοπίστηκαν άτομα του είδους *Chironomus* gr. *plumosus* με μορφολογικές αλλοιώσεις. Όπως έχει ήδη αναφερθεί αυτές οι αλλοιώσεις όταν ξεπερνούν το αναμενόμενο ποσοστό αλλοιώσεων (<1%) σε ένα πληθυσμό, πιθανόν να είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης τοξικών στο ίζημα (Di Veroli et al. 2008), γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που έχουν ήδη ανιχνευθεί σε ιζήματα της λίμνης (Pertsemli & Voutsas 2007) και οι οποίες ξεπερνούν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια για την υδρόβια ζωή. Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση για να διαπιστωθεί το ακριβές ποσοστό αυτών των αλλοιώσεων στα άτομα του *Chironomus* gr. *plumosus* στη Δοϊράνη, και αν αυτό υπερβαίνει το αναμενόμενο, να αναζητηθούν και άλλα ίσως πιθανά αίτια.

Συγκρίνοντας τους δύο σταθμούς, σε όλες τις εποχές, σταθμούς παρατηρείται ότι στο ρηχότερο σταθμό Στ. 1 καταγράφηκαν περισσότερα taxa απ'ότι στο βαθύτερο σταθμό Στ. 2 (Εικ. 4.1), παρόλο που δεν ισχύει το ίδιο για τις τιμές των δεικτών ποικιλότητας (Πίνακας 4.7). Αυτό συμβαίνει γιατί οι δείκτες ποικιλότητας παίρνουν υπόψη τους όχι μόνο την παρουσία/απουσία αλλά και την αφθονία των taxa και έτσι η επικράτηση ενός ή λίγων taxa μπορεί να μειώνει την τιμή τους. Πιθανόν ο παράγοντας "βάθος" να προκαλεί αυτή τη διαφοροποίηση των σταθμών στον αριθμό των taxa. Η σημασία του παράγοντα "βάθος" φαίνεται και από τα αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης, που ουσιαστικά ξεχωρίζει τα δείγματα περισσότερο ανά σταθμό παρά ανά εποχή (Εικ. 4.9). Η πολυμεταβλητή ανάλυση των δύο σταθμών σταθμών σε κάθε εποχή, έδειξε ότι γενικά ο παράγοντας "θέση" του σταθμού και "βάθος" είναι πιο ισχυρός από τον παράγοντα "εποχή", καθώς ο Στ. 2 όλων των εποχών βρίσκεται στην ίδια ομάδα, όπως και ο Στ. 1 όλων των εποχών εκτός από του καλοκαιριού (Εικ. 4.9). Ο τελευταίος, πιθανόν, ξεχωρίζει

από τους υπόλοιπους εξαιτίας της μεγαλύτερης συμμετοχής των Chironomidae (67%) στη συνολική αφθονία (Εικ. 4.8). Ωστόσο οι δοκιμασίες Mann-Whitney και Kruskal-Wallis που εφαρμόστηκαν δεν έδειξαν να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά οι σταθμοί ως προς τις αφθονίες των ασπονδύλων που καταγράφηκαν σε αυτούς.

Από την πολυμεταβλητή ανάλυση που έγινε στους δέκα σταθμούς της άνοιξης φαίνεται πως ο παράγοντας βάθος παίζει και πάλι ρόλο στη σύνθεση της κοινωνίας, καθώς οι δυο σταθμοί με μικρότερο βάθος (Στ. 1: 3,3 m και Στ. 3: 3,5 m) κατατάχθηκαν στην ίδια ομάδα (Εικ. 4.13). Όσον αφορά τους υπόλοιπους σταθμούς, δεν τοποθετήθηκαν όλοι στην ίδια ομάδα παρόλο που το βάθος τους κυμάνθηκε μεταξύ 4,5-5,5 m. Πιθανόν επειδή δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στο βάθος στη λίμνη Δοϊράνη, δεν είναι ιδιαίτερα έντονος ο διαχωρισμός των σταθμών σε σχέση με το βάθος. Η ποικιλότητα των taxa, όπως και η ποικιλότητα των ειδών της οικογένειας Chironomidae, ήταν μεγαλύτερη στο σταθμό Στ. 1 και Στ. 3 (Εικ. 4.7, 4.10, 4.12) και ίσως αυτό να αποτελεί έναν άλλο παράγοντα διαχωρισμού των ομάδων.

Οι περισσότεροι σταθμοί την άνοιξη πρόσθεσαν μόνο δύο νέα taxa που δεν είχαν βρεθεί στους δύο σταθερούς εποχικούς σταθμούς. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν επιπλέον οι προνύμφες Culicidae και Tipulidae (ένα άτομο από κάθε taxon).

Οι Trigo et al. (2009) εφάρμοσαν διάφορες μετρικές παραμέτρους σε ρηχούς (<2m) και μικρούς υδάτινους όγκους (ponds) της Ισπανίας, με βυθό καλυμμένο από υδρόβια βλάστηση. Οι μετρικές που χρησιμοποίησαν και εξήγαγαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις είτε με τη μείωση της ποιότητας τους (degradation) είτε με το βαθμό τροφισμού και μπορούν, με επιφύλαξη πάντα γιατί πρόκειται για πολύ διαφορετικά συστήματα, να χρησιμοποιηθούν εδώ είναι η ποικιλότητα των Chironomidae και των Chironominae αυξάνει όσο μειώνεται ο βαθμός τροφισμού. Η συνολική ποικιλότητα (species richness) ή η αναλογική ποικιλότητα των Chironomidae βρέθηκε να μειώνεται όσο αυξάνει ο συνολικός φώσφορος. Επίσης, η ποικιλότητα των Chironominae και η σχετική αφθονία τους βρέθηκε να αυξάνεται όσο λιγότερο τροποποιημένο είναι ένα σύστημα.

Συνοψίζοντας, αν και τα βενθικά μακροασπόνδυλα έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των ποταμών, ωστόσο τόσο στην Ελλάδα όσο και σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί μέθοδοι για την εκτίμηση της

οικολογικής ποιότητας λιμναίων συστημάτων, που να βασίζονται σε αυτά. Η κατανόηση των χωρικών και εποχικών διακυμάνσεων της σύνθεσης των κοινοτήτων τους καθώς και της κατανομής και αφθονίας τους στα λιμναία οικοσυστήματα θα βοηθήσουν στην εκτίμηση της απόκρισής τους σε διάφορες ανθρωπογενείς πιέσεις που ασκούνται σε αυτά, συμβάλλοντας στην εξαγωγή και δημιουργία μετρικών δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν για την οικολογική αξιολόγηση των λιμνών, αλλά και αξιολόγηση της καταλληλότητας των ήδη υπαρχόντων. Ωστόσο, οι Moss et al. (2003) προτείνουν, για λόγους ευκολίας και χαμηλότερου κόστους, την παρακολούθηση της ποιότητας των ρηχών λιμνών με τα μακροασπόνδυλα που λαμβάνονται από τα βυθισμένα τμήματα των αναδυόμενων φυτών.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι δυνατόν να αποτελέσουν μια βάση δεδομένων για τη ποιοτική αλλά και ποσοτική σύνθεση της κοινωνίας των βενθικών ασπονδύλων του μαλακού υποστρώματος στη λίμνη Δοϊράνη, ώστε να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με αντίστοιχα δεδομένα στο μέλλον.

6. Συμπεράσματα

- Συνολικά βρέθηκαν 16 taxa βενθικών ασπονδύλων. Το είδος *Chironomus muratensis* αναφέρεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα, με μια μικρή επιφύλαξη όμως επειδή η αναγνώρισή του βασίστηκε μόνο σε μορφολογικά κριτήρια, που δεν αρκούν πάντα για την αναγνώριση του συγκεκριμένου γένους.
- Ο αριθμός των taxa που βρέθηκαν ήταν γενικά υψηλότερος στην παράκτια ζώνη της λίμνης (βάθος ως 3,5 m).
- Οι τιμές αφθονίας των βενθικών ασπονδύλων δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο σταθμών ή των τεσσάρων εποχών ($p > 0,05$).
- Η υψηλότερη τιμή αφθονίας σημειώθηκε στο σταθμό Στ. 2 το χειμώνα (11.511 ind/m²), ενώ η χαμηλότερη στο σταθμό Στ. 1 το φθινόπωρο (2.444 ind/m²).
- Τα Nematoda είχαν τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική αφθονία (52%), ακολουθούμενα από τα Diptera (28%) και τα Oligochaeta (17%).
- Στη συνολική αφθονία των Diptera συμμετείχε με υψηλότερο ποσοστό η οικογένεια Chironomidae. Στην τελευταία κυριαρχούσαν τα

Chironominae (92%) που μπορούν και επιβιώνουν σε εύτροφα και κακής ποιότητας νερά.

➤ Οι δείκτες ποικιλότητας H' και ομοιοκατανομής J' είχαν παρόμοιες διακυμάνσεις και δεν εμφάνισαν κάποιο συγκεκριμένο εποχικό ή χωρικό πρότυπο.

➤ Τέσσερα από τα είδη που καταγράφηκαν (*Chironomus* gr. *plumosus*, *Cryptochironomus defectus*, *Procladius choreus*, *Chaoborus* sp.) θεωρούνται ανθεκτικά στη ρύπανση.

7. Προτάσεις

Προτείνεται:

- Επέκταση της έρευνας της βενθικής κοινωνίας και στο τμήμα της λίμνης Δοϊράνης που βρίσκεται στην πλευρά της Π.Γ.Δ.Μ.
- Διερεύνηση της βενθικής πανίδας του σκληρού υποστρώματος
- Διερεύνηση σε πρώτη φάση και της πανίδας των μακροασπονδύλων που διαβιούν στα βυθισμένα τμήματα των υδρόβιων φυτών και έπειτα της καταλληλότητάς τους ως δείκτες εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας, όπως προτείνουν οι Moss et al. (2003).
- Παρακολούθηση, σε ό,τι αφορά στο ελληνικό τμήμα, των βενθικών ασπονδύλων στη λίμνη Δοϊράνη τουλάχιστον σε 2 περιόδους σε δύο σταθμούς (έναν παράκτιο μέσου βάθους 3 m και έναν στο πιο βαθύ τμήμα της λίμνης).

8. Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ. Γιώργο Καραμπάτσο, τον κ. Μιλτιάδη Σεφερλή και τον κ. Φώτη Γρηγοριάδη από το ΕΚΒΥ για τη βοήθειά τους στις δειγματοληψίες. Επίσης, ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον Oana Ihnatiw (MSc) από την Εθνική Υπηρεσία Υδάτων Ρουμανίας (Romanian Waters National Administration", Prut Water Directorate) για τη βοήθεια στην αναγνώριση ορισμένων ειδών Chironomidae, αλλά και όλους τους ερευνητές των Chironomidae που παρείχαν χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις για την αναγνώριση αυτών των ειδών.

9. Βιβλιογραφία

Anonymous 2001. Lake Dojran. Draft main report for the discussions with the Greek experts. Skopje, December 2001. 40 pp.

- Arslan, N & Sahin, Y, 2006. A Preliminary Study on the Identification of the Littoral Oligochaeta (Annelida) and Chironomidae (Diptera) Fauna of Lake Kovada, a National Park in Turkey. *Turk J Zool* 30: 67-72.
- Bazzanti, M & Seminara, M, 1987. Profundal macrobenthos structure as a measure of long-term environment stress in a polluted lake. *Water, Air, and Soil Pollution* 33: 435-442.
- Bobori D & Salvarina I 2007 Fish species composition and abundance in the Greek part of Lake Doirani. *Proceedings of Ist Symposium for protection of the natural lakes in FYROM, with international participation.*
- Brinkhurst, R.O., 1971. A guide for the identification of British Aquatic Oligochaeta. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No 22. 53 pp.
- Brinkhurst, R.O., 1974. The benthos of lakes. The Macmillan Press LTD. London and Basingstokrs. 190p.
- Brodersen, KP & Lindegaard, C, 1999. Classification, assessment and trophic reconstruction of Danish lakes using chironomids. *Freshwater Biology* 42: 143-157.
- Campaioli, S, Ghetti, PF, Minelli, A & Ruffo, S, 1999. Manuale per il eiconoscimento dei Macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. I & II. Provincia Autonoma di Trento. 484 pp.
- Carvalho, L, Bennion, H, Darwell, A, Gunn, I, Lyle, A, Monteith, D & Wade, M, 2002. Physicochemical Conditions for Supporting Different Levels of Biological Quality for the Water Framework Directive for Freshwaters. Report to the Environment Agency, UK.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N., 2001. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 91 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK, 114 pp.
- Cook CM, E Vardaka & T Lanaras, 2004. Toxic cyanobacteria in Greek freshwaters, 1987-2000: occurrence, toxicity, and impacts in the Mediterranean region. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 32: 107-124.
- Di Veroli, A, Goretti, E, Marcucci, C, Fabrizi, A, Scopetta, L & Di Giovanni, MV, 2008. Incidence of larvae mouthpart deformities in *Chironomus plumosus* (Diptera: Chironomidae) and *Procladius* sp. (Diptera:

- Chironomidae) from Piediluco Lake, Italy. Bol. Mus. Mun. Funchal. Sup. 13: 13-20.
- García-Criado, F, Bécares, E, Fernández-Aláez, C & Fernández-Aláez, M, 2005. Plant-associated invertebrates and ecological quality in some Mediterranean shallow lakes: implications for the application of the EC Water Framework Directive. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 15: 31-50.
- Γιαπής Α-Ι, 2003. Οικολογική μελέτη του σπαρακιού (*Lepomis gibbosus* (L.) στη λίμνη Κερκίνη. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 232 σελ.
- Γεωργίου, Δ 2008. Στοιχεία αναπαραγωγής των ψαριών των εσωτερικών υδάτων της Βαλκανικής. Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ. σελ. 64.
- Griffiths, HI, Reed, JM, Leng, MJ, Ryan, S & Petkovski, S, 2002. The recent palaeoecology and conservation status of Balkan Lake Dojran. Biological Conservation 104: 35-49.
- Economidis PS, 1991. Check list of freshwater fishes of Greece (recent status of threats and protection). Hellenic Society for the Protection of Nature, Special publication, Athens.
- European Union, 2000. 'Directive of the European Parliament and the Council Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, 2000/60/EC', Off. J. Europ. Commun., Vol. 43, L 327.
- European Communities, 2003. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document no 7. Monitoring under the Water Framework Directive. 160pp.
- Kagalou I, Economidis G & Leonardos I, 2006. Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic community diversity: Response to environmental parameters. Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic community diversity: Response to environmental parameters. Limnologica 36: 269-278.
- Kansanen, PH, Paasivirta, L & Väyrynen, T, 1993. Ordination analysis and bioindices based on zoobenthos communities used to assess pollution of a lake in southern Finland. Hydrobiologia 202: 153-170.
- Καραούζας, Ι, Δημητρίου, Η, Γκρίτζαλης, Κ & Σκουλικίδης, Ν, 2006. Προκαταρκτική αξιολόγηση μακροασπονδύλων κοινωνιών στα μεσογειακά εποχικά λιμνία της Δυτικής Κρήτης. Πρακτικά 28^{ου}

- Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών.
- Katsavouni S & Petrovski S, 2004. Lake Doiran-An overview of the current situation. Greek Biotope/Wetland Centre (EKBY), Society for the Investigation and Conservation of Biodiversity and the Sustainable Development of Natural Ecosystems (BIOECO).Thermi, 117 p.
- Κιλικίδης Σ, Καμαριανός Α, Φώτης Γ, Κουσουρήs Θ, Καραμανλής Ξ & Ουζούνης Κ, 1984. Οικολογική Έρευνα στις Λίμνες της Β. Ελλάδας, Αγ. Βασιλείου, Δοϊράνη, και Βιστωνίδα. Προϋποθέσεις για την εγκατάσταση σταθμού αναπαραγωγής ιχθύων. Επετηρίδα. Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., 269 – 439.
- Κλώσσας Α, 1975. Συμβολή εις την Υδροβιολογικήν Μελέτην Τεχνητής Λίμνης Κερκίνης Σεργών, Αυτοτελείς Εκδόσεις της Υπηρεσίας Δασικών Εφαρμογών & Εκπαιδεύσεως, 61 σελ.
- Kottelat M, 1997. European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR) with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia*, section Zoology, Vol. 52/suppl. 5. pp. 272.
- Koussouris Th, Diapoulis A & Balopoulos E, 1987. Limnological Situations in two Shallow Greek Lakes (Kastoria and Mikri Prespa Lakes). *GeoJournal* 14 (3): 377-379.
- Laville, H & Reiss, F, 1992. The Chironomid Fauna of the Mediterranean Region Reviewed. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26(2-4). 239-245.
- Lokoska L, M Jordanoski, E Veljanoska-Sarafiloska & O Tasevska, 2004. Water quality of lake Dojran from biological and physical-chemical aspects. Proceedings of the UNESCO /INWEB Workshop on the Development of an Inventory of Internationally shared surface waters in South-Eastern Europe SEE, Thessaloniki, Greece.
- Marziali, L, Lencioni, V, Parenti, P & Rossaro, B, 2008. Benthic macroinvertebrates as water quality indicators in Italian lakes. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, Sup 13: 51-59.
- Margaritora, FG, Bazzanti, M, Ferrara O, Mastrantuono L, Seminara, M, Vagaggini, D, 2002. Classification of the ecological status of volcanic lakes in Central Italy. Papers from Bolsena Conference. Residence time in lakes: Science, Management, Education. *J. Limnol.* 62 (Suppl. 1): 49-59.

- Maguran AE, 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Groom helm. London, 179 pp.
- Μαλλούρης, Α, 2007. Ηλικία και αύξηση ψαριών της λίμνης Δοϊράνης. Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ.
- Μαυρεδάκη, Ι, 2007. Ηλικία και αύξηση ψαριών της λίμνης Δοϊράνης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ 67 σελ.
- Michailova, P & Smilkov, S, 2000. Karyosystematics of *Plumosus* group (Chironomidae, Diptera) from some Macedonian lakes. In: Chironomus Newsletter on Chironomidae Research. Eds: Contreras-Lichtenberg, R. & Langton, P. No 13: 20.
- Michailova, P, Ilkova, J, White, KN, 2003. Functional and structural rearrangements of salivary gland polytene chromosomes of *Chironomus riparius* Mg. (Diptera, Chironomidae) in response to freshly neutralized aluminium. Environmental Pollution 123: 193-2007.
- Michailova, P, Petrova, N, Ramella, L, Sella, G, Todorova, J & Zelano, V, 1996. Cytogenetic characteristics of a population of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) from a polluted Po river station. Genetica 98: 161-178.
- Μόρα, Α & Csabai, Z, 2008. First annotated checklist of Chironomidae of Rhodos, Greece. Spixiana 31 (2): 223-231.
- Moss, B, Stephen, D, Alvarez, C, Becares, E, Van de Bund, W, Collins, SE, Van Donk, E, De Eyto, E, Feldmann, T, Fernández-Aláez, C, Fernández-Aláez, M, Franken, RJM, Garcia-Criado, F, Gross, E, Gyllström, M, Hansson, LA, Irvine, K, Arvalt, A, Jensen, JP, Jeppesen, E, Kairesalo, T, Kornijow, R, Krause, T, Uunnap, H, Laas, A, Lill, E, Lorens, B, Luup, H, Miracle, MR, Nõges, P, Nõges, T, Nykanen, M, Ott, I, Peczula, W, Peeters, ETHM, Phillips, G, Romo, S, Russell, V, Ooe, AS, Scheffer, M, Siewertsen, K, Smal, H, Tesch, C, Timm, H, Tuvikene, L, Tonno, I, Virro, T, Vicente, E, Wilson, D, 2003. The determination of ecological status in shallow lakes - a tested system (ECOFAME) for implementation of the European Water Framework Directive. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13: 507-549.
- Μουρκίδης Γ, 1985. Λίμνες της Βορείου Ελλάδος. V. Η Δοϊράνη. Η τροφική της κατάσταση, 1982-1985. Γεωργική Έρευνα 9: 455-474, 1985.
- Μπεκρή, Μ, 2008. Σχέσεις μηκών και σχέσεις μήκους βάρους ψαριών των εσωτερικών υδάτων χωρών της Βαλκανικής και ανατολικής Μεσογείου. Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, 50 σελ. +13παράρτημα

- Μπόμπορη ΔΧ & Σαλβαρίνα Ι 2007 Ιχθυολογική διερεύνηση της λίμνης Δοϊράνης. Τεχνική Έκθεση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μπόμπορη Δ & Σαλβαρίνα Ι, 2008. Μακροασπόνδυλα. Σε: Υπηρεσίες εφαρμογής της μεθοδολογίας παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα. Τεχνική έκθεση, Interreg III, Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, Διεύθυνση Υδάτων, ΑΠΘ, Όμιλον ΕΠΕ.
- Nastov A. 2000. Nature conservation in 'The Former Yugoslav Republic of Macedonia'. Council of Europe, Republic of Macedonia, Ministry of Environment and Physical Planning, 19 p.
- Νεοφύτου, Χ, 1993. Οικολογική μελέτη της πέγκης (*Perca fluviatilis* L.) στη λίμνη Δοϊράνη. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 4: 38-47.
- Οικονομίδης ΓΒ, 1991. Βιονομική μελέτη της βενθικής μακροπανίδας της λίμνης Βόλβης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 211 σελ.
- Ο'Toole, C, Donohue, I, Moe, SJ & Irvine, K, 2008. Nutrient optima and tolerances of benthic invertebrates, the effects of taxonomic resolution and testing of selected metrics in lakes using an extensive European data base. *Aquat. Ecol.* 42: 277-291.
- Pertsemli, E & Voutsas, D, 2007. Distribution of heavy metals in Lakes Doirani and Kerkini, Northern Greece. *Journal of Hazardous Materials* 148: 529-537.
- Petridis D, 1993. Macroinvertebrate distribution along an organic pollution gradient in Lake Lysimachia Western Greece. *Archives für Hydrobiology* 128: 367-384.
- Petridis D & Sinis A, 1993. Benthic macrofauna of Tavropos reservoir (central Greece). *Hydrobiologia* 262: 1-12.
- Petridis D & Sinis A, 1995. Benthos of Lake Mikri Prespa (North Greece). *Hydrobiologia* 304: 185-196.
- Petridis, D & Sinis A, 1997. The benthic fauna of Lake Mikri Prespa. In: Crivelli, AJ & Catsadorakis, G (eds) *Lake Prespa, Northwestern Greece*. *Hydrobiologia* 351: 95-105.
- Πολυκάρπου Π, 2006. Φυτοπλαγκτό και μικροβιακό τροφικό πλέγμα στη λίμνη Δοϊράνη: εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, 124 σελ.

- Popovska-Stankovic, O, 1954. Die Plankton-Production des Dojran-Sees, vom Aug. 1951 bis aug. 1952. Institut de Pisciculture de la R. P. Macedoine, Skopje.
- Popovska C & V Stavric, 2004. Transboundary river and lake basins in the republic of Macedonia. Proceedings of the UNESCO /INWEB Workshop on the Development of an Inventory of Internationally shared surface waters in South-Eastern Europe SEE, Thessaloniki, Greece.
- Prat, N, Real, M & Rieradevall, M, 1992. Benthos of Spanish lakes and reservoirs. *Limnetica*, 8: 221-229.
- Reynoldson, T & Metcalfe-Smith, JL, 1992. An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. *Journal of Aquatic Ecosystem Health* 1: 295-308.
- Rossaro, B, Boggero, A, Lencioni, V, Marziali, L, Solimini, A, 2006. Tools for the development of a benthic quality index for Italian lakes. *J. Limnol.* 65(1): 41-51.
- Σαλβαρίνα Ι, Γεωργίου Δ, Κάτσιος Ν, Μαλλούρης Α, Μαυρεδάκη Ι, Μπεκρή Μ, Ανδρέου Α, Βαβαλίδης Θ & Μπόμπορη Δ 2007 Αφθονία και κατά μήκος συνθέσεις ειδών ψαριών στο σύστημα της λίμνης Δοϊράνης. Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων.
- Saether, OA, 1980. The influence of eutrophication on deep lake benthic invertebrate communities. *Prog. Wat. Tech.* Vol. 12: 161-180.
- Saether OA. & Spies, M, 2004. In: de Herman, J (ed): *Fauna Europaea* (2004): *Diptera, Nematocera*. *Fauna Europaea* version 1.1, Available online at <http://www.faunaeur.org>.
- Schroder B, 1921. Phytoplankton aus Seen von Mazedonien. *Sitzungsb. Akad. Wiss. Wien Mathem.-naturw. Kl. I*, 130: Österreichische Staatsdruckerei: 137-176.
- Smith, RD & Smith, K, (eds), 2003. Country Study for Biodiversity of the Republic of Macedonia (First National Report). Skopje, Ministry of Environment and Physical Planning. 213pp.
- Solimini AG, Free G, Donohue I, Irvine K, Pusch M, Rossaro B, Sandin L & Cardoso AC, 2006. Using benthic macroinvertebrates to assess ecological status of lakes. Current knowledge and way forward to support WFD implementation. European Commission, Directorate-General Joint Research Centre.

- Stankovic S, 1931. Sur les particularites limnologiques des lacs egeens. Verh. Int. Ver. Limnol. 5: 158-196.
- Stojanov R, Trcek B, Dolenc T, Dimkovski T & Pirc S, 2003. Environmental protection of the Dojran Lake catchment area. RMZ-Materials and Geoenvironment, 50 (1): 369-372.
- Tachet, H, Bournaud, M & Richoux, P, 1991. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. (Systématique élémentaire et aperçu écologique). 4th ed. 155pp.
- Tolonen, KT, Hämäläinen, H, Holopainen, IL & Karjalainen, J, 2001. Influences of habitat type and environmental variables on littoral macroinvertebrate communities in a large lake system. Archiv. Für Hydrobiologie 152 : 39-67.
- Trigal, C, García-Criado, F & Fernández-Aláez, C, 2009. Towards a multimetric index for ecological assessment of Mediterranean flatland ponds: the use of macroinvertebrates as bioindicators. Hydrobiologia 618: 109-123.
- Temponeras M, J Kristiansen & Moustaka-Gouni M, 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. Hydrobiologia 424: 109-122.
- Vardaka E, M Moustaka-Gouni, CM Cook, T Lanaras, 2005. Cyanobacterial blooms and water quality in Greek waterbodies. J. Appl. Phycol. 17: 391-401.
- Verdonschot, PFM, 1989. The role of oligochaetes in the management of waters. Hydrobiologia 180: 213-227.
- Verneaux V, Verneaux J, Schmitt A, Lovy C & Lambert JC, 2004. The Lake Biotic Index (LBI): an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the Lake Châlain (French Jura) as an example. Annales de Limnologie – International Journal of Limnology 40 (1): 1-9.
- Webb, CJ & Scholl, A, 1985. Identification of larvae of European species of Chironomus Meigen (Diptera: Chironomidae) by morphological characters. Systematic Entomology 10: 353-372.
- Wetzel, RG, 1983. Limnology. Ed. Sanders College Publishing, N.Y., 2nd ed.
- White, J & Irvine, K, 2003. The use of littoral mesohabitats and their macroinvertebrate assemblages in the ecological assessment of lakes. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13: 331-351.

- Wiederholm, T (Ed), 1983. Chironomidae of the Holarctic region: Keys and diagnoses. Part 1-Larvae. Entomologica Scandinavica, Supplement 19: 1-457.
- Χατζηιωάννου Μ, 2002. Συνεισφορά στη μελέτη της βιολογίας και οικολογίας των Πνευμονοφόρων Γαστερόποδων της λίμνης Κερκίνης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 279 σελ.